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-EC3GT

Gelenkige Trägeranschlüsse

August 2022

4H-EC3GT

Gelenkige Trägeranschlüsse

Copyright 2015-2022

3. erweiterte Auflage, August 2022

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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

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

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden.
S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE®-System.

Produktbeschreibung

Das Programm ##-EC3GT, Gelenkige Trägeranschlüsse, berechnet einseitig oder beidseitig gelenkig angeschlossene Träger-Träger- und Träger-Stützen-Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8 (EC 3 + NA) und DIN 18800 (veraltet, nur einseitiger Anschluss). Es können sowohl Doppel-T- als auch Hohlprofile angeschlossen werden.

Die Nachweise nach Eurocode können entweder über die konventionelle Methode oder nach ECCS geführt werden.

Vier Anschlussvarianten werden unterstützt. Anschluss mit ...

- ... Stirnplatte (nicht Hohlprofil)
- ... Fahnenblech
- ... Winkel geschraubt/geschraubt (bei Hohlprofilen: T-Profil geschraubt/geschweißt)
- ... Winkel geschraubt/geschweißt (bei Hohlprofilen: T-Profil geschraubt/geschweißt)

Wird kein Anschlusstyp gewählt, erfolgt lediglich ein Querschnittsnachweis des Nebenträgers.

Im Endergebnis wird die maximale Tragfähigkeitsausnutzung für die maßgebende Lastkombination angegeben.

Spezielle Leistungsmerkmale

- der Anschluss kann in einer fotorealistischen 3D-Grafik parallel zur Eingabe kontrolliert werden. Mit dem 3D-Viewer ist es außerdem möglich, detailgenaue Ansichten zu erzeugen und im Druckdokument auszugeben. Da der 3D-Viewer in einem separaten Fenster läuft, ist der visuelle Überblick jederzeit gegeben. Zu den Voraussetzungen bzgl. des Grafiktreibers s. Abs. 9, S. 75.
- die Bemessungslasten können entweder 'per Hand' eingegeben oder importiert werden. Der Datenimport kann aus einem **pcae**-Programm oder über eine ASCII-Schnittstelle erfolgen. Es werden nur momentenfreie Verbindungen unterstützt, die Querkräfte und/oder Zugkräfte aufweisen. Bei den symmetrischen Anschlüssen wird eine einachsige Belastung vorausgesetzt (N, V_z). Lediglich beim Fahnenblechanschluss kann neben der Hauptlast V_z eine Querlast V_y berücksichtigt werden.
- die Schweißnähte zwischen Haupt-/Nebenträger und Anschlussblech werden mit dem Linienmodell nach den vereinfachten oder richtungsbezogenen Verfahren nachgewiesen. Es handelt sich dabei um Kehlnähte, deren Eingabewert der Nahtdicke jeweils für eine Naht gilt.
- der Hauptträger ist ein Doppel-T-Profil, das entweder dem **pcae**-eigenen Profilmanager entnommen oder als typisierter Querschnitt parametrisiert eingegeben werden kann. Alternativ kann er als Blechträger modelliert werden.
- ebenso können die Winkel- bzw. T-Profile entweder dem **pcae**-eigenen Profilmanager entnommen oder als typisierter Querschnitt parametrisiert eingegeben werden
- Rohrprofile sind geschlitzt und werden auf das Anschlussprofil aufgeschoben und angeschweißt. Die Schweißnähte werden nachgewiesen.
- die Vorschrift kann über eine Listbox ausgewählt werden. Die zugehörigen Materialsicherheitsbeiwerte werden angezeigt und zur Bearbeitung freigegeben.
- die Querschnittstragfähigkeit des Trägers kann nach den Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* oder *Elastisch-Plastisch* nachgewiesen werden
- der Nebenträger kann entweder an den Steg eines Trägers, an den Flansch einer Stütze oder an ein Stahlblech angeschlossen werden
- bei einem Anschluss an den Hauptträgersteg können am Nebenträger frei definierbare Ausklinkungen oben und/oder unten angeordnet werden (nicht Hohlprofil)
- es können beliebig viele Schraubenreihen mit frei definierbaren Abständen angeordnet werden (nicht Hohlprofil). Am Hauptträger sind zwei Schrauben je Reihe vorgesehen, wohingegen am Nebenträger ein Raster mit beliebig vielen Schrauben in x- und y-Richtung unterstützt wird.
- die Schrauben am Hauptträger weisen ein normales Lochspiel auf, wohingegen die Schrauben am Nebenträger auch in ein übergroßes oder Langloch (vertikal/horizontal) geschraubt werden können
- die Parameter der Schrauben und Stahlsorten können entweder über deren Bezeichnungen einer **pcae**-eigenen Listbox entnommen oder vom Anwender vorgegeben werden. Die Schraubenparameter können entweder einheitlich für alle oder separat für jedes Ver-

bindungselement angegeben werden.

- im Ausgabeprotokoll wird bei Bedarf der Rechenweg in ausführlicher Form dargestellt, so dass jeder Zahlenwert nachvollzogen werden kann. Natürlich kann das Statikdokument auch wesentlich reduziert werden.
- Export der Konstruktionszeichnung im DXF-Format zur Weiterbearbeitung in einem CAD-System
- Englischsprachige Druckdokumentenausgabe

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 4H-EC3GT 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 4H-EC3GT-Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit 4H-EC3GT.

pcae GmbH

Hannover, im August 2022

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

Gk	Grundkomponente
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

signalisiert Anmerkungen

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

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

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

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

Doppelklick zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank Leerzeichen

Cursor Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

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

Inhaltsverzeichnis

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten 5
2 Bauteil erzeugen 7
3 Eingabeoberfläche 9
3.1 Anschlussparameter 11
3.1.1 Allgemeines 11
3.1.2 Stahlsorte 11
3.1.3 Schrauben 11
3.1.4 Profile 12
3.1.5 Anschlusstyp 13
3.1.6 Nachweise 13
3.2 Hauptträger 14
3.2.1 Anschlusskonfigurationen 14
3.2.2 Stirnblechanschluss 14
3.2.3 Fahnenblechanschluss 15
3.2.4 Winkelanschluss geschraubt / geschraubt 15
3.2.5 Winkelanschluss geschraubt / geschweißt 16
3.3 Nebenträger 17
3.3.1 Anschlusskonfigurationen 17
3.3.2 Stirnblechanschluss 18
3.3.3 Fahnenblechanschluss 19
3.3.4 Winkelanschluss geschraubt / geschraubt 21
3.3.5 Winkelanschluss geschraubt / geschweißt 23
3.4 Schnittgrößen 25
3.4.1 Schnittgrößenimport bei beidseitigen Anschlüssen 26
3.4.2 Schnittgrößenimport bei einseitigen Anschlüssen 29
3.5 Ergebnisübersicht 31
3.6 Parameterbeschreibung 32
3.6.1 Stirnblechanschluss 32
3.6.2 Fahnenblechanschluss 32
3.6.3 geschraubter Winkelanschluss 34
3.6.4 geschweißter Winkelanschluss 35
3.6.5 äquivalenter T-Stummel 35
4 Nachweise 36
4.1 Nachweise EC 3 36
4.1.1 Berechnung eines Punktequerschnitts 36
4.1.2 Berücksichtigung von Druckkontakt 36
4.1.3 ECCS- Modellvoraussetzungen 37
4.1.4 Nachweise 37
4.1.5 Nachweis des Stirnplattenanschlusses 41
4.1.6 Nachweis des Fahnenblechanschlusses 42
4.1.7 Nachweis des Winkelanschlusses 43
4.2 Nachweise DIN 18800 48
4.2.1 Allgemeines 48
4.2.2 Einschränkungen 48
4.2.3 Fahnenblechanschluss 48
4.2.4 Stirnblechanschluss 49
4.2.5 geschraubter Winkelanschluss 49
4.2.6 geschweißter Winkelanschluss 49
5 Grundkomponenten 51
5.1 Stützenflansch mit Biegebeanspruchung 51
5.1.1 Anwendungsvoraussetzung 51
5.1.2 Tragfähigkeit einer geschweißten Verbindung 51
5.1.3 Tragfähigkeit einer geschraubten Verbindung 51
5.1.4 Verstärkungen des Stützenstegs 51
5.1.5 Schraubengruppe 52
5.2 Stirnblech mit Biegebeanspruchung 52
5.2.1 Anwendungsvoraussetzung 52
5.2.2 Tragfähigkeit 52
5.2.3 Schraubengruppe 53

5.3 Schrauben mit Zugbeanspruchung 53
5.3.1 Anwendungsgrenzen 53
5.4 Schrauben mit Abscherbeanspruchung 53
5.4.1 Anwendungsgrenzen 53
5.5 Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung 54
5.5.1 Anwendungsgrenzen 54
6 Basisverbindungen 55
6.1 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen 55
6.1.1 Schrauben 55
6.1.2 Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben 56
6.1.2.1 Rechenparameter Schrauben 58
6.1.3 Bolzen 58
6.1.4 Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen 59
6.2 Tragfähigkeit von Schweißverbindungen 60
6.2.1 Kehlnähte 60
6.2.2 Stumpfnähte 61
6.2.3 Anordnung von Futterblechen 61
6.3 Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung 62
6.3.1 Berechnung der wirksamen Längen 63
6.3.2 Tragfähigkeit 65
6.4 T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe 66
6.4.1 Berechnung der wirksamen Längen 67
6.4.2 Tragfähigkeit 69
7 Nachweis der Schweißnähte als Linienquerschnitt 71
8 Allgemeines 73
8.1 Stahlsorten 73
8.2 Ausdrucksteuerung ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
8.3 Nationale Anhänge zu den Eurocodes 74
9 DTE®-3D-Viewer 75
9.1 Werkzeugleiste 76
9.2 Dokumente 77
9.3 Seitenleiste 79
9.4 Statusleiste 81
9.5 Steuerung 82
9.6 Einstellungen 85
9.7 Bildschirmaufnahme 88
10 Literaturverzeichnis 90
11 Index 93

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms ⁴⁄⁄-EC3GT auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

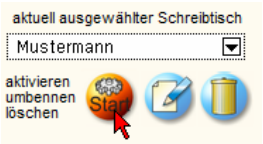
Sofern Sie bereits im Besitz anderer ⁴⁄⁄-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 7 weiter.

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

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

Schreibtischname

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

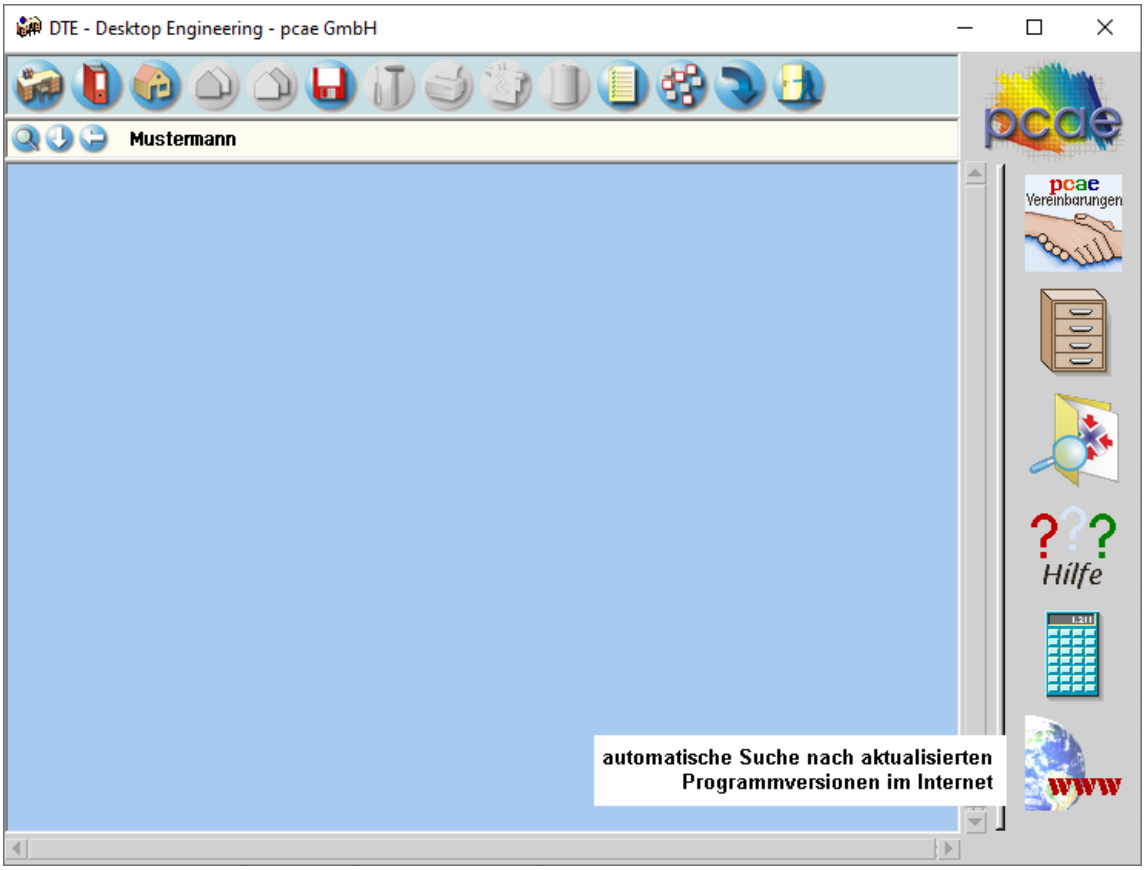


Nach Bestätigen über das ***Hakensymbol*** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf ***Start*** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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

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

DTE®-Schreibtisch



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

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

Die Buttons bewirken im Einzelnen

öffnet die Schreibtischauswahl

legt einen neuen Projektordner an

erzeugt ein neues Bauteil

kopiert das aktivierte Bauteil

fügt die Bauteilkopie ein

lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der ***e-Mail-Dienst***.

menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils

druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils

ruft das Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils

löscht das aktivierte Bauteil/Ordner

öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste

öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen

eröffnet Verwaltungsfunktionen

schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung

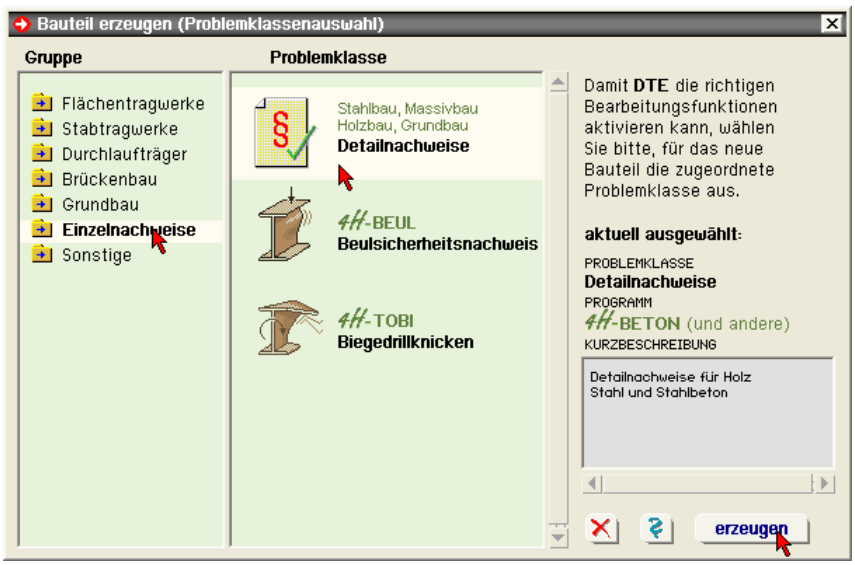
2 Bauteil erzeugen

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***.

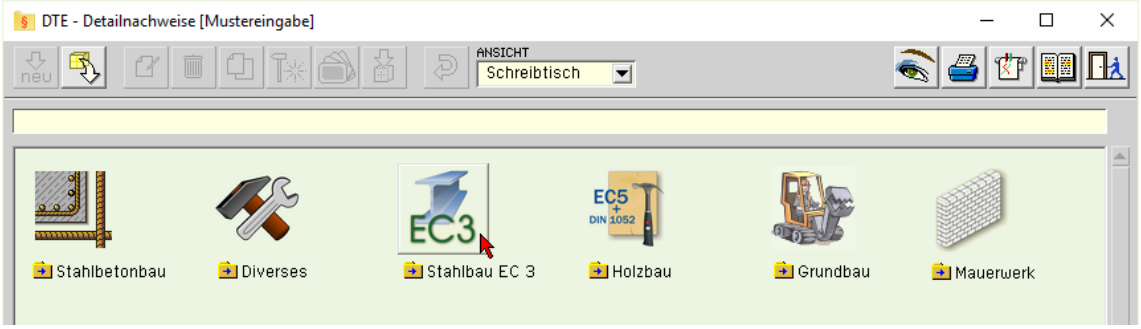


Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilikone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

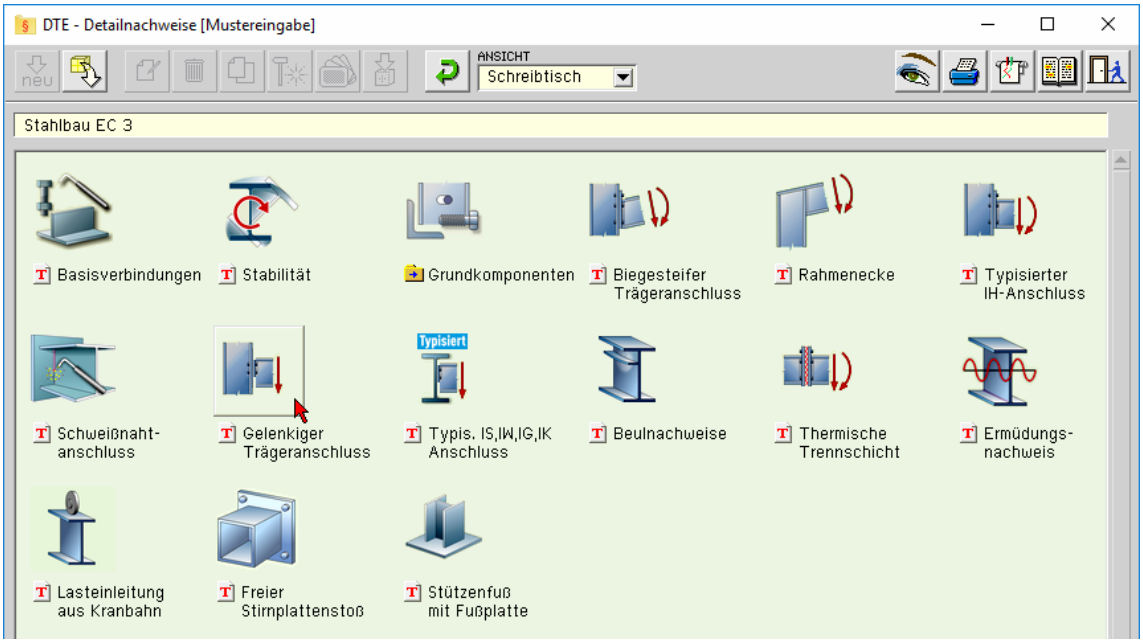
Nach Doppelklick auf das neue Bauteilicon erscheint die Übersicht der installierten Detailnachweisprogramme.

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.

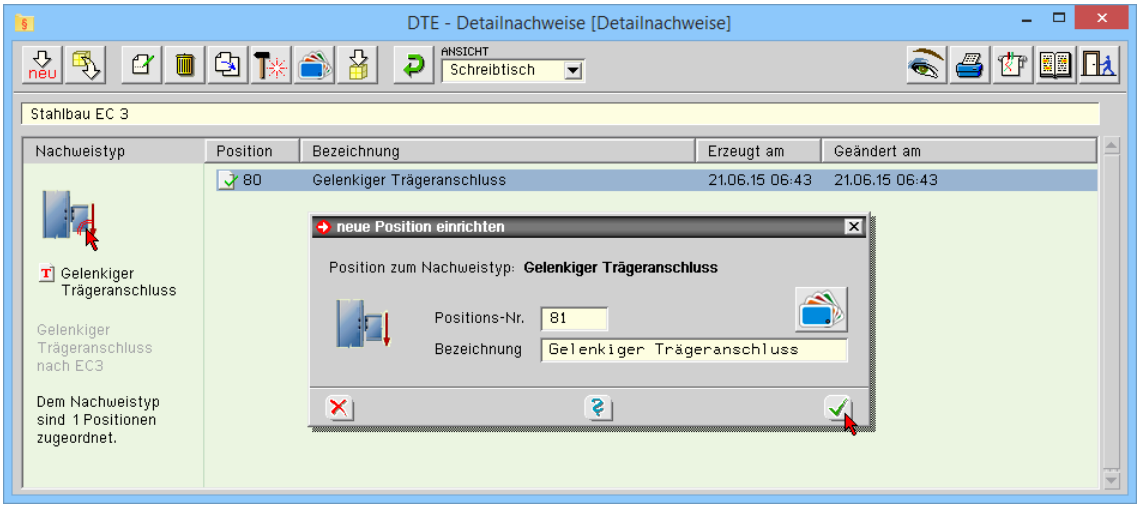
Übersicht Detailnachweise



Übersicht EC 3-Programme



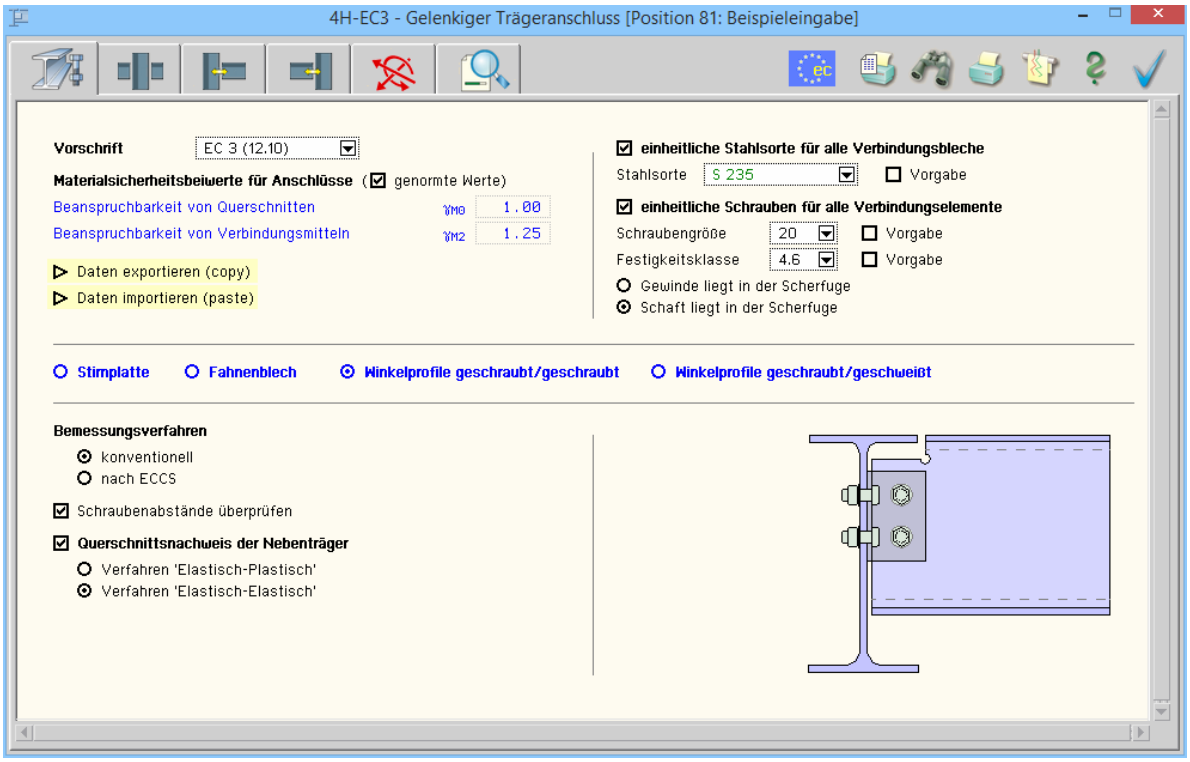
Gelenkiger Trägeranschluss



Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts *neue Position einrichten* und Doppeltklicken der neuen Position erscheint die Eingabeoberfläche des Programms *Gelenkiger Trägeranschluss*.

3 Eingabeoberfläche

Nachfolgend ist das Hauptfenster von 4H-EC3GT dargestellt.



Mit dem Programm *Gelenkiger Trägeranschluss* können momentenfreie Träger-Träger- oder Träger-Stützenverbindungen mit Doppel-T-Querschnitten nach DIN EN 1993-1-8 + NA und DIN 18800 (veraltet) nachgewiesen werden. Es können sowohl Doppel-T- als auch Hohlprofile angeschlossen werden.

Die zugehörigen Anschlussparameter werden in eigenen Registerblättern verwaltet, die über folgende Symbole die dahinter liegende Parameterauswahl kenntlich machen.

Anschlussparameter (s. Abs. 3.1, S. 11)

Im ersten Registerblatt wird der Ablauf der Berechnung festgelegt. Außerdem können die Nachweisnorm und die Baustoffe ausgewählt werden. Weiterhin wird der Anschlusstyp bestimmt. Der aktuell definierte Anschluss wird in der Programmoberfläche maßstäblich skizziert und im 3D-Viewer detailgenau visualisiert.

Hauptträger (s. Abs. 3.2, S. 14)

Im zweiten Registerblatt werden die Parameter zur Verbindung an den Hauptträger abgefragt. Das Hauptträgerprofil kann als Doppel-T-Profil oder Blechträger ausgeführt werden. Es ist festzulegen, ob der Anschluss an den Trägersteg, Stützenflansch oder ein Blech erfolgt. Je nach Anschlussart sind Schraubenabstände und Schweißnahtdicken am Hauptträger anzugeben. Der aktuell definierte Anschluss wird in der Programmoberfläche maßstäblich skizziert und im 3D-Viewer detailgenau visualisiert.

Nebenträger rechts (s. Abs. 3.3, S. 17)

Im dritten Registerblatt werden die Parameter zur Verbindung an den rechten Nebenträger abgefragt. Das Nebenträgerprofil kann als Doppel-T- oder Hohlprofil ausgeführt werden. Außerdem ist das Anschlussblech bzw. der Anschlusswinkel (Winkel, T-Profil) einzugeben. Je nach Anschlussart sind Schraubenabstände und Schweißnahtdicken am Nebenträger anzugeben. Der aktuell definierte Anschluss wird in der Programmoberfläche maßstäblich skizziert und im 3D-Viewer detailgenau visualisiert.

Nebenträger links (s. Abs. 3.3, S. 17)

Im vierten Registerblatt werden die Parameter zur Verbindung an den linken Nebenträger abgefragt. Das Nebenträgerprofil kann als Doppel-T- oder Hohlprofil ausgeführt werden. Außerdem ist das Anschlussblech bzw. der Anschlusswinkel (Winkel, T-Profil) einzugeben. Je nach An-

schlussart sind Schraubenabstände und Schweißnahtdicken am Nebenträger anzugeben. Der aktuell definierte Anschluss wird in der Programmoberfläche maßstäblich skizziert und im 3D-Viewer detailgenau visualisiert.

Bemessungsschnittgrößen (s. Abs. 3.4, S. 25)

Die Schnittgrößen (N, V_z, nur Fahnenblechanschluss: V_y) werden im fünften Registerblatt festgelegt. Sie können entweder importiert oder 'per Hand' eingegeben werden. Sie beziehen sich auf den Gelenkknoten der aktuellen Verbindung und werden nach der Vorzeichenregel der Statik erwartet.

Ergebnisübersicht (s. Abs. 3.5, S. 31)

Im sechsten Registerblatt wird die Ausnutzung lastfallweise und detailliert für jeden Nebenträgeranschluss im Überblick dargestellt.

3D-Viewer (s. Abs. 9, S. 75)

Über den ***Schiebeschalter*** kann der 3D-Viewer an- und abgeschaltet werden.

nationaler Anhang (s. Abs. 8.3, S. 74)

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

Ausdrucksteuerung (s. Abs. 8.2, S. 73)

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

Druckliste einsehen

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

Ausdruck

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

Planbearbeitung

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

Onlinehilfe

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

Eingabe beenden

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

3.1 Anschlussparameter

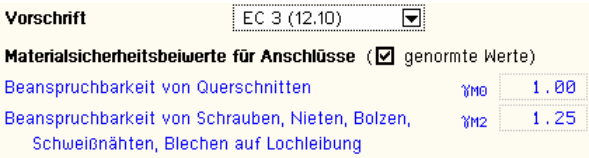
Im Register 1 (s. S. 9) befinden sich die Angaben zu Rechenlaufsteuerung, Baustoffen, Anschlusstyp.

3.1.1 Allgemeines

Das Programm ##-EC3GT berechnet den Anschluss eines ein- oder beidseitig gelenkig angeordneten Nebenträgers an einen Hauptträger oder eine Stütze.

Der Nachweis kann nach EC 3-1-8 oder DIN 18800 (veraltet) erfolgen.

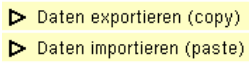
Dementsprechend sind die ***Materialsicherheitsbeiwerte*** zu belegen.



Nach EC 3 können die Sicherheitsbeiwerte entweder dem nationalen Anhang (s. Abs. 8.3, S. 74) entnommen oder direkt vorgegeben werden.

Nach DIN 18800 ist der Sicherheitsbeiwert in das Eigenschaftsblatt einzutragen.

Zudem können Eingabedaten über die *Copy-Paste-Funktion* von einem Bauteil in ein anderes desselben Typs exportiert werden.



Dazu ist der aktuelle Datenzustand im abgebenden Bauteil über den Button ***Daten exportieren*** in die Zwischenablage zu kopieren und anschließend über den Button ***Daten importieren*** in das aktuell geöffnete Bauteil aus der Zwischenablage zu übernehmen.

3.1.2 Stahlsorte

Grundsätzlich kann jedem Verbindungselement ein eigenes Material zugeordnet werden.

Der Übersichtlichkeit halber kann an dieser Stelle eine einheitliche ***Stahlgüte*** für die Haupt- und Nebenträgerprofile sowie die Anschlussbleche gewählt werden.

Da die Beschreibung der Stahlparameter für Verbindungen nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der Stahlsorten (s. Abs. 8.1, S. 73) verwiesen.

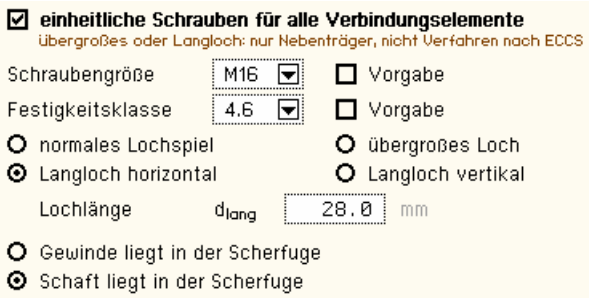
3.1.3 Schrauben

Ebenso wie die Stahlsorte kann auch jedem Anschluss (Blech an Haupt- oder Nebenträger) eine eigene ***Schraubensorte*** zugeordnet werden.

Der Übersichtlichkeit halber können an dieser Stelle Schraubengröße und Festigkeitsklasse einheitlich für alle Anschlussbleche gewählt werden.

Es werden nicht vorgespannte Schrauben mit normalen Schlüsselweiten vorausgesetzt.

Geschraubte Anschlussprofile am Nebenträger können mit vergrößertem Lochspiel oder als Langloch ausgeführt sein.



Für die Abschertragfähigkeit der Schraube ist von Belang, ob das Gewinde oder der Schaft in der Scherfuge liegt.

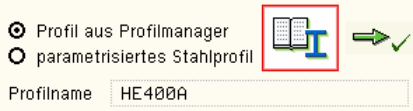
Da die Beschreibung der Schraubenparameter für Verbindungen nach EC3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der Schrauben (s. Abs. 6.1, S. 55) verwiesen.

3.1.4 Profile

In den nachfolgenden Registerblättern werden die Querschnitte des Hauptträgers, der Nebenträger und ggf. der Verbindungsstücke (Winkel, T-Profil) festgelegt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird an dieser Stelle die Eingabe der Profilparameter beschrieben.

Die Profilkennwerte können 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 anzuklicken.



Das externe **pcae**-Programm wird aufgerufen und ein Profil kann aktiviert werden. Bei Verlassen des Profilmanagers werden die benötigten Daten übernommen und der Profilname protokolliert.

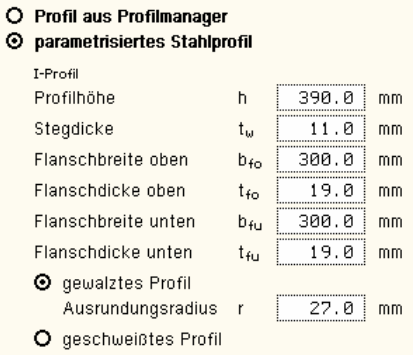
Alternativ kann der Profilname auch direkt in das dafür vorgesehene Feld eingetragen werden.

Als Querschnitte für den Hauptträger können Doppel-T-Profile, die als I, H-, DIL-, S-, W-Profile **pcae**-intern bekannt sind, der Liste entnommen werden.

Die Nebenträger werden als Doppel-T-Profil, das als I, H-, DIL-, S-, W-Profile **pcae**-intern bekannt ist, oder als Hohlprofil (Kreis-, Quadrat-, Rechteckrohr) ausgeführt.

Als Verbindungsstücke werden bei Doppel-T-Profilen Winkelprofilen (L-Profilen), bei Hohlprofilen T-Profile verwendet.

Zur Definition eines ***parametrisierten Profils*** sind Profilhöhe, Stegdicke, Flanschbreite und -dicke bzw. die Schenkellängen und -dicken festzulegen.



Werden Haupt- oder Nebenträger als Blech beschrieben, erfolgt die Parametereingabe der Höhe und Dicke eines Flachstahls.

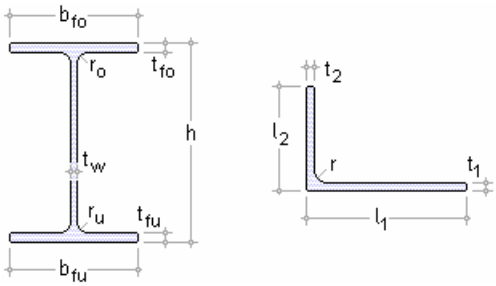
Bei gewalzten I-, L-, T-Profilen wird der Ausrundungsradius r zwischen Flansch und Steg bzw. r_2 an den äußeren Flanschrändern geometrisch berücksichtigt, während geschweißte Blechprofile mit Schweißnähten der Dicke a zusammengefügt sind.

Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

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

L-Profile können unterschiedlich dicke und lange Schenkel aufweisen, wobei Schenkel 1 am Nebenträger und Sch. 2 am Hauptträger anliegen.

Das T-Profil wird mit dem Flansch am Hauptträger befestigt.



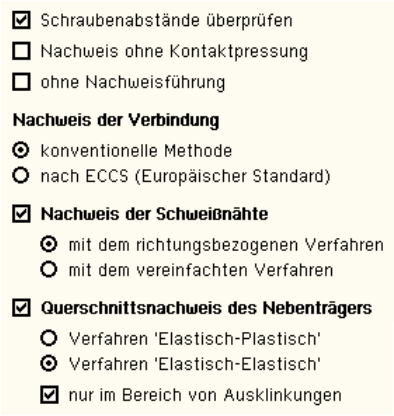
3.1.5 Anschlusstyp

Es werden vier Anschlusskonfigurationen unterschieden

Diese Einstellung wird bei der Parameterauswahl auf den nachfolgenden Registerblättern berücksichtigt. Außerdem wird der Anschluss zur visuellen Kontrolle der Eingabe am Bildschirm in der Programmoberfläche und im 3D-Viewer dargestellt; Schweißnähte, Schrauben, Profile und Abstände werden maßstabsgetreu visualisiert.

Ist kein Anschlusstyp festgelegt, wird lediglich der Querschnittsnachweis des Nebenträgers geführt.

3.1.6 Nachweise



Die Überprüfung der Schraubenabstände kann unterdrückt werden.

Bei geschraubten Winkelanschlüssen kann der Nachweis ohne Kontaktpressung (auf der sicheren Seite liegend) geführt werden.

Ohne Nachweisführung wird lediglich ein Querschnittsbild erstellt.

Da der Eurocode keine eindeutigen Vorgaben zur Nachweisführung bei gelenkigen Anschlüssen gibt, kann entweder konventionell nach den Vorschlägen der aktuellen Fachliteratur gerechnet oder den Regeln des ECCS (s. Lit. /37/) gefolgt werden.

Sind in der Anschlusskonfiguration Schweißnähte erforderlich, werden diese als Kehlnähte ausgeführt. Sie können entweder mit dem *richtungsbezogenen* oder dem *vereinfachten Verfahren* (nur EC 3) nachgewiesen werden.

Die Überprüfung der Schraubenabstände kann unterdrückt werden. Optional wird die Ausnutzung des Nebenträgerquerschnitts ermittelt.

Zur Beschreibung der Nachweise n. EC 3 s. Abs. 4.1, S. 36, zu Nachweisen n. DIN 18800 s. Abs. 4.2, S. 48.

3.2 Hauptträger

Register 2 enthält Angaben zum Anschluss an den Hauptträger.

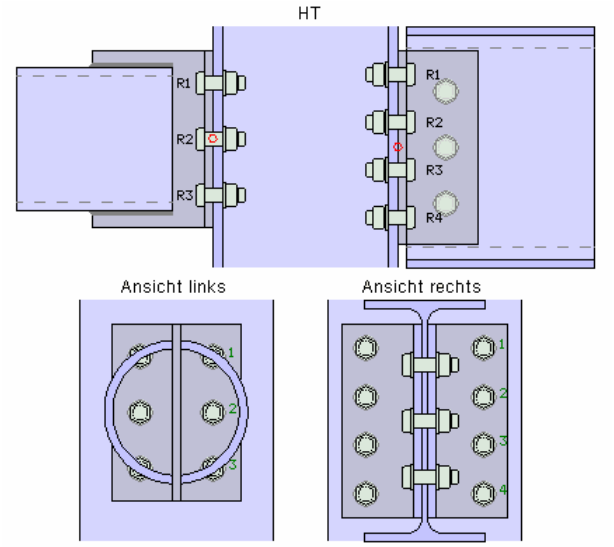
3.2.1 Anschlusskonfigurationen

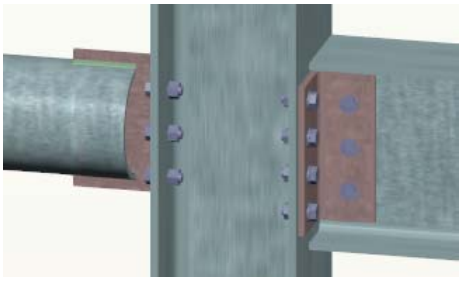
Folgende Anschlusskonfigurationen werden angeboten (s. Abs. 3.1, S. 11)

- Stirnblechanschluss (Kopfplattenanschluss)
- Fahnenblechanschluss
- Winkelanschluss eines Doppel-T-Profils oder eines Blechs, wobei beide Winkelschenkel angeschraubt werden. Alternativ: Anschluss eines Hohlprofils mittels T-Profil
- Winkelanschluss, wobei ein Winkelschenkel geschraubt und einer geschweißt wird. Alternativ: Anschluss eines Hohlprofils mittels T-Profil

Je nach Konfiguration werden an dieser Stelle die zur Berechnung des Anschlusses notwendigen Parameter des Hauptträgers (Doppel-T-Profil oder Blech) freigelegt.

Der gesamte Anschluss wird zur visuellen Kontrolle simultan zur Eingabe maßstabsgetreu am Bildschirm in der Programmoberfläche und im 3D-Viewer dargestellt.

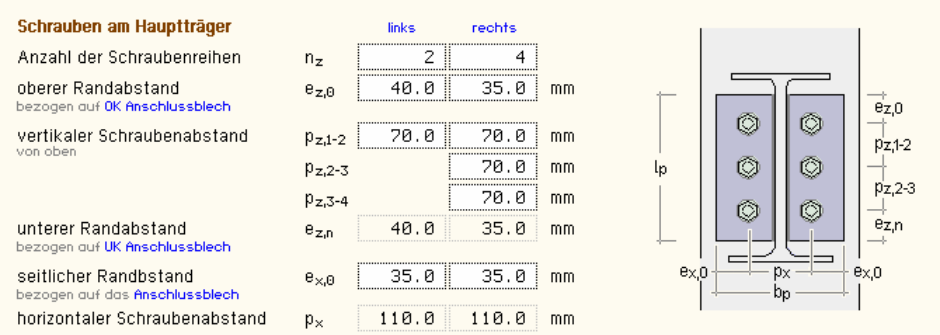




Für alle Anschlusstypen wird zunächst das Profil des Hauptträgers ausgewählt (s. Abs. 3.1.4, S. 12) und festgelegt, ob der Anschluss des Nebenträgers an den Steg oder die Flansche des Hauptträgers erfolgt.

Im Folgenden werden die anschlussspezifischen Parameter, die den Hauptträger betreffen, beschrieben.

3.2.2 Stirnblechanschluss



Der Nebenträger ist frontal an die Stirnplatte geschweißt.

Das Stirnblech wird mit zwei Schrauben je Reihe (symmetrisch, je eine links und eine rechts vom Nebenträgersteg) am Hauptträger befestigt (hier: Anschluss an einen Stützenflansch).

Es sind die Anzahl an Schraubenreihen sowie die Abstände zu den Rändern und untereinander anzugeben. Bei einem beidseitigen Anschluss an den Trägersteg kann ausgewählt werden, ob sich die Schraubenabstände auf den linken oder rechten Nebenträger beziehen.

Der untere Randabstand sowie der horizontale Schraubenabstand sind zur Kontrolle ebenfalls dargestellt; sie werden aus den vorhandenen Daten errechnet und können nicht eingegeben werden.

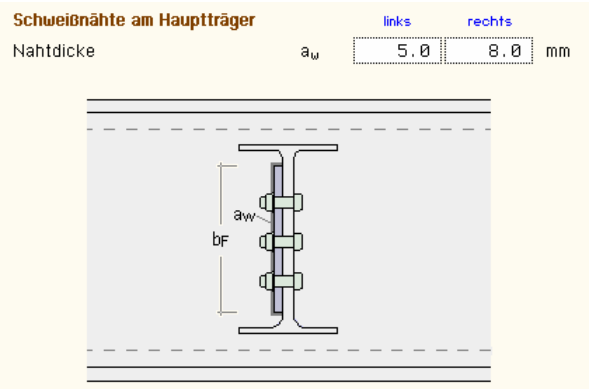
Die Schraubenabstände werden nach EC 3 kontrolliert, die fehlerhaften werden gekennzeichnet.

Mit *links* und *rechts* sind der linke und der rechte Nebenträgeranschluss bezeichnet.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und zeigt die Bezeichnungen der Länge und Breite des Stirnblechs an.

Ein Hohlprofil kann **nicht** über ein Stirnblech angeschlossen werden.

3.2.3 Fahnenblechanschluss



Der Nebenträger ist einseitig an das Fahnenblech geschraubt.

Das Fahnenblech wird an den Hauptträger geschweißt (hier: Anschluss an einen Trägersteg).

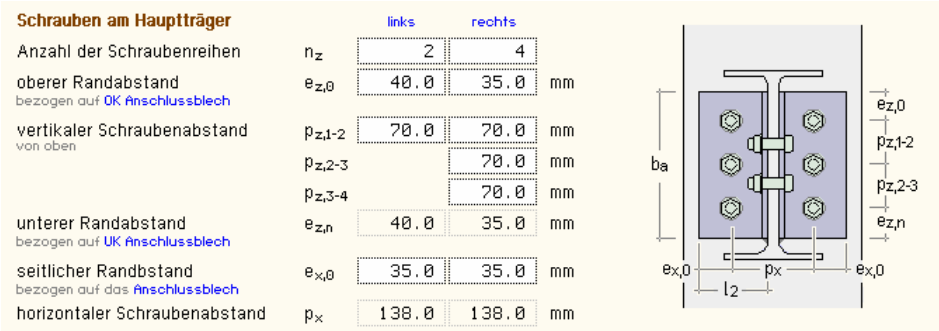
Die Dicke der umlaufenden Kehlnaht ist anzugeben.

Mit *links* und *rechts* sind der linke und der rechte Nebenträgeranschluss bezeichnet.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und zeigt die Breite des Fahnenblechs an.

Ein Hohlprofil kann mit dem Fahnenblech angeschlossen werden (Beschreibung s. Abs. 3.3, S. 17).

3.2.4 Winkelanschluss geschraubt / geschraubt



Zwei Winkel werden symmetrisch links und rechts an den Steg des Nebenträgers geschraubt. Die anderen beiden Winkelschenkel werden mit je einer Schraube je Reihe am Hauptträger befestigt (hier: Anschluss an einen Stützenflansch).

Die Anzahl an Schraubenreihen sowie die Abstände zu den Rändern und untereinander sind anzugeben.

Bei einem beidseitigen Anschluss an den Trägersteg kann ausgewählt werden, ob sich die Schraubenabstände auf den linken oder rechten Nebenträger beziehen.

Der untere Randabstand sowie der horizontale Schraubenabstand sind zur Kontrolle ebenfalls dargestellt; sie werden aus den vorhandenen Daten errechnet und können nicht eingegeben werden.

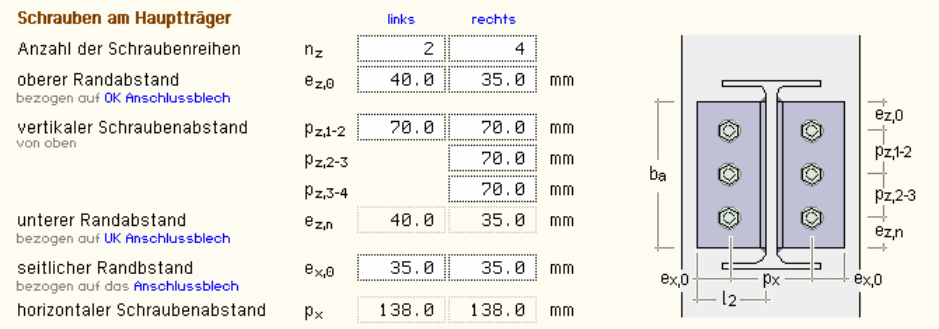
Die Schraubenabstände werden nach EC 3 kontrolliert, die fehlerhaften werden gekennzeichnet.

Mit *links* und *rechts* sind der linke und der rechte Nebenträgeranschluss bezeichnet.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und zeigt die Bezeichnung der Länge des Winkelprofils und der Länge des Winkelschenkels am Hauptträger (Schenkel 2) an.

Ein Hohlprofil kann über ein T-Profil angeschlossen werden (Beschreibung s. Abs. 3.3, S. 17).

3.2.5 Winkelanschluss geschraubt / geschweißt



Zwei Winkel werden symmetrisch links und rechts an den Steg des Nebenträgers geschweißt.

Die anderen beiden Winkelschenkel werden mit je einer Schraube je Reihe am Hauptträger befestigt (hier: Anschluss an einen Stützenflansch).

Die Anzahl an Schraubenreihen sowie die Abstände zu den Rändern und untereinander sind anzugeben.

Bei einem beidseitigen Anschluss an den Trägersteg kann ausgewählt werden, ob sich die Schraubenabstände auf den linken oder rechten Nebenträger beziehen.

Der untere Randabstand sowie der horizontale Schraubenabstand sind zur Kontrolle ebenfalls dargestellt; sie werden aus den vorhandenen Daten errechnet und können nicht eingegeben werden.

Die Schraubenabstände werden nach EC 3 kontrolliert, die fehlerhaften werden gekennzeichnet.

Mit *links* und *rechts* sind der linke und der rechte Nebenträgeranschluss bezeichnet.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und zeigt die Bezeichnung der Länge des Winkelprofils und der Länge des Winkelschenkels am Hauptträger (Schenkel 2) an.

Ein Hohlprofil kann über ein T-Profil angeschlossen werden (Beschreibung s. Abs. 3.3, S. 17).

3.3 Nebenträger

Register 3 enthält Angaben zum Anschluss des rechten Nebenträgers.

Register 4 enthält Angaben zum Anschluss des linken Nebenträgers.

Hier werden die Anschlussparameter des rechten Nebenträgers erläutert; für die linke Seite gilt entsprechend.

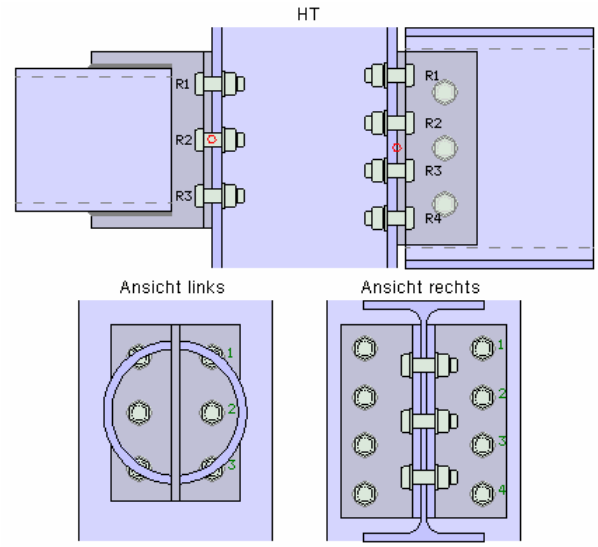
3.3.1 Anschlusskonfigurationen

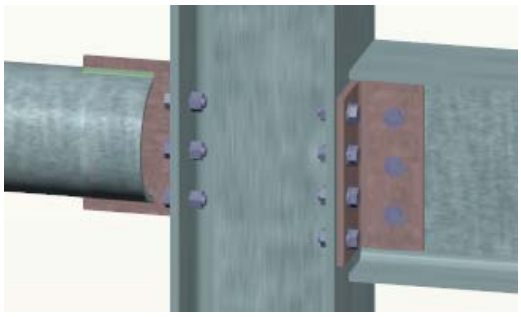
Folgende Anschlusskonfigurationen werden angeboten (s. auch Abs. 3.1, S. 11)

- Stirnplattenanschluss
- Fahnenblechanschluss
- Winkelanschluss eines Doppel-T-Profils oder eines Blechs, wobei beide Winkelschenkel angeschraubt werden; alternativ: Anschluss eines Hohlprofils mittels T-Profil
- Winkelanschluss, wobei ein Winkelschenkel geschraubt und einer geschweißt wird; alternativ: Anschluss eines Hohlprofils mittels T-Profil

Je nach Konfiguration werden an dieser Stelle die zur Berechnung des Anschlusses notwendigen Parameter des Nebenträgers(Doppel-T-Profil, Blech oder Hohlprofil) freigelegt.

Der gesamte Anschluss wird zur visuellen Kontrolle simultan zur Eingabe maßstabsgetreu am Bildschirm in der Programmoberfläche und im 3D-Viewer dargestellt.





Der Nebenträger kann rechts und/oder links an den Hauptträger angeschlossen werden.

Es wird zwischen den Begriffen ***Gelenk*** und ***Drehpunkt*** unterschieden. Im *Gelenk* wirkt die Schnittgrößenkombination, es befindet sich daher stets in der Achse des Nebenträgers. Der *Drehpunkt* kennzeichnet das interne Gelenk, das im Schwerpunkt der Anschlussmittel angenommen wird. Das Gelenk wird in der Bildschirmgrafik gekennzeichnet.

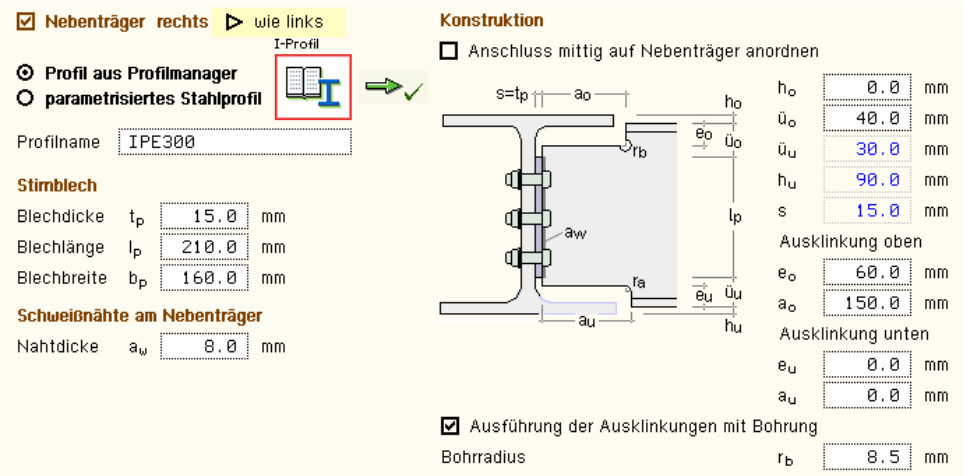
Um eine Anschlussseite zu aktivieren, ist in Register 3 der Button ***Nebenträger rechts*** und/oder in Register 4 der Button ***Nebenträger links*** zu betätigen.

Falls ein beidseitiger Anschluss symmetrisch ausgeführt werden soll, können die Nebenträgerdaten mit den Buttons ***wie links*** bzw. ***wie rechts*** in das aktuelle Registerblatt übertragen werden.

Nun wird - für alle Anschlusstypen gleich - das Profil des Nebenträgers ausgewählt (s. Abs. 3.1.4, S. 12).

Im Folgenden werden die anschlussspezifischen Parameter, die den Nebenträger betreffen, beschrieben.

3.3.2 Stirnblechanschluss



Der Steg des Nebenträgerprofils wird mit Kehlnähten an die Stirnplatte geschweißt, die wiederum mit zwei Schrauben je Reihe an den Hauptträger geschraubt wird. Das Gelenk befindet sich im Schwerpunkt des Schraubenbilds in der Kontaktebene Stirnblech / Hauptträger.

Die Abmessungen des Stirnblechs sind anzugeben, wobei die Blechdicke t_p den Abstand s des Nebenträgers vom Hauptträger festlegt. Die Dicke je Schweißnaht ist anzugeben.

Ein Hohlprofil kann **nicht** über ein Stirnblech angeschlossen werden.

Konstruktion

Der Abstand von OK Nebenträger zu einer Bezugsebene wird mit h_o bezeichnet. Die Lage der Bezugsebene entspricht beim Anschluss an den Hauptträgersteg oder ein Blech der OK des Hauptträgers. Beim Anschluss an einen Stützenflansch kann sie frei gewählt werden. Hier ist sie nur von Relevanz, wenn ein beidseitiger Anschluss ausgeführt wird.

Der Abstand von OK Stirnblech zu OK Nebenträger wird mit $ü_o$ bezeichnet. Dieser Abstand muss > 0 sein, d.h. es wird nur der Trägersteg an das Stirnblech angeschweißt. Entsprechend wird der Abstand von UK Stirnblech zu UK Nebenträger mit $ü_u$ bezeichnet; er wird aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Beim Anschluss an einen Trägersteg wird der Abstand von UK Nebenträger zu UK Hauptträger h_u angegeben; er wird ebenfalls aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Über einen Schalter kann erzwungen werden, dass das Anschlussprofil stets mittig zwischen den Flanschen bzw. Ausklinkungen (s.u.) auf dem Trägersteg liegt. Der Abstand $ü_o$ wird dann berechnet und kann nicht eingegeben werden.

Der horizontale Abstand zwischen dem Hauptträger und dem Nebenträger wird mit s bezeichnet, entspricht der Dicke der Stirnplatte t_p und kann daher nicht eingegeben werden.

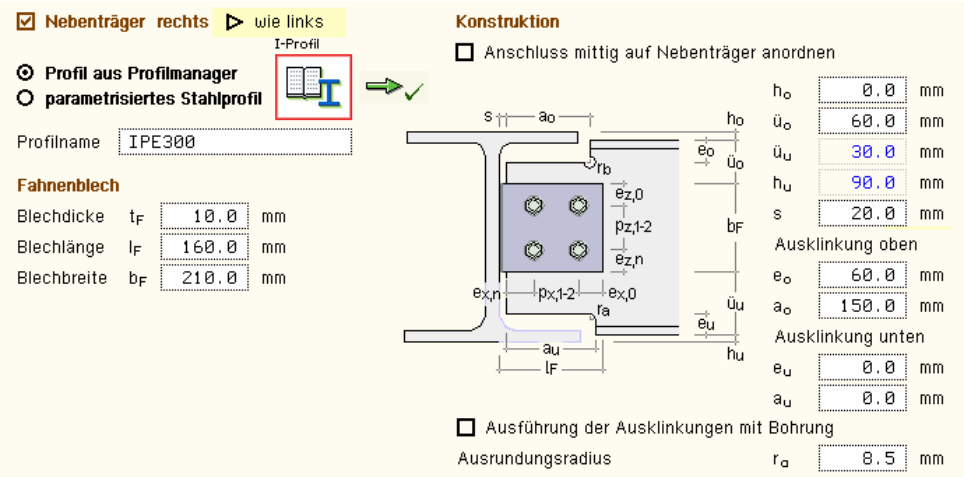
Beim Anschluss an einen Trägersteg kann der Nebenträger oben und/oder unten ausgeklinkt sein. Eine ***Ausklinkung*** wird aktiv, wenn sowohl der horizontale Abstand a als auch der vertikale Abstand e Werte > 0 annehmen, wobei zu beachten ist, dass der vertikale Abstand e größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein muss. Außerdem darf der Abstand e den Abstand ü nicht überschreiten.

Über einen Schalter (***wie oben*** bzw. ***wie unten***) können jeweils die Werte der einen Ausklinkung auf die andere übertragen werden.

Die Ausklinkungen können einheitlich entweder ausgerundet (Radius r_a) oder mit Bohrung (Radius r_b) ausgeführt werden.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und kennzeichnet die Länge und Dicke des Stirnblechs.

3.3.3 Fahnenblechanschluss



Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

Der Steg des Nebenträgers wird einseitig an das Fahnenblech geschraubt, das wiederum mit der Kopfseite an den Hauptträger umlaufend angeschweißt wird. Das Gelenk befindet sich entweder in der Kontaktebene Fahnenblech / Hauptträger (Schweißnaht) oder im Schwerpunkt des Schraubenbilds am Nebenträger.

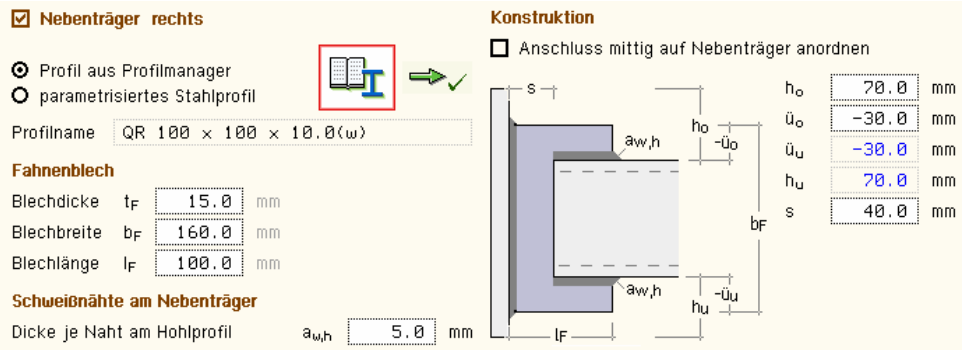
Die Abmessungen des Fahnenblechs sind anzugeben.

Anschluss eines Hohlprofils

Das Hohlprofil wird vertikal geschlitzt und auf das Fahnenblech geschoben. Dadurch entstehen keine Exzentrizitäten in Querrichtung (y-Achse). Die Schweißnahtdicke zur Befestigung des Hohlprofils am Fahnenblech $a_{w,h}$ ist anzugeben.

Das Gelenk befindet sich in der Kontaktebene Fahnenblech / Hauptträger (Schweißnaht).

Die Abmessungen des Fahnenblechs sind anzugeben.



Konstruktion

Der Abstand von OK Nebenträger zu einer Bezugsebene wird mit h_o bezeichnet. Die Lage der Bezugsebene entspricht beim Anschluss an den Hauptträgersteg oder ein Blech der OK des Hauptträgers. Beim Anschluss an einen Stützenflansch kann sie frei gewählt werden. Hier ist sie nur von Relevanz, wenn ein beidseitiger Anschluss ausgeführt wird.

Der Abstand von OK Fahnenblech zu OK Nebenträger wird mit $ü_o$ bezeichnet. Beim Anschluss eines Doppel-T-Profils muss dieser Abstand größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein. Wird ein Hohlprofil angeschlossen, ist $ü_o$ negativ einzugeben.

Entsprechend wird der Abstand von UK Fahnenblech zu UK Nebenträger mit $ü_u$ bezeichnet; er wird aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Beim Anschluss an einen Trägersteg oder Blech wird der Abstand von UK Nebenträger zu UK Hauptträger h_u angegeben. Dieser Abstand wird ebenfalls aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Über einen Schalter kann erzwungen werden, dass das Anschlussprofil stets mittig zwischen den Flanschen bzw. Ausklinkungen (s.u.) auf dem Trägersteg liegt. Der Abstand $ü_o$ wird dann berechnet und kann nicht eingegeben werden.

Der horizontale Abstand zwischen dem Hauptträger und dem Nebenträger wird mit s bezeichnet und muss größer als der Schenkel der Kehlnaht zwischen Fahnenblech und Hauptträger sein.

Wird kein Hohlprofil angeschlossen, kann der Nebenträger oben und/oder unten ausgeklinkt sein. Eine ***Ausklinkung*** wird aktiv, wenn sowohl der horizontale Abstand a als auch der vertikale Abstand e Werte > 0 annehmen, wobei zu beachten ist, dass der vertikale Abstand e größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein muss. Außerdem darf der Abstand e den Wert ü nicht überschreiten.

Über einen Schalter (***wie oben*** bzw. ***wie unten***) können jeweils die Werte der einen Ausklinkung auf die andere übertragen werden.

Die Ausklinkungen können einheitlich entweder ausgerundet (Radius r_a) oder mit Bohrung (Radius r_b) ausgeführt werden.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und kennzeichnet Länge und Breite des Fahnenblechs.

Schrauben am Nebenträger (nicht Hohlprofil)

Wird kein Hohlprofil angeschlossen, kann ein Schraubenraster mit einer beliebigen Anzahl an horizontalen und vertikalen Schraubenreihen vorgegeben werden.

Zur Vorgabe des Schraubenrasters sind die Anzahl der vertikalen Reihen und ihre Abstände (Rand- und Zwischenabstände) sowie die Anzahl der horizontalen Reihen und Abstände festzulegen.

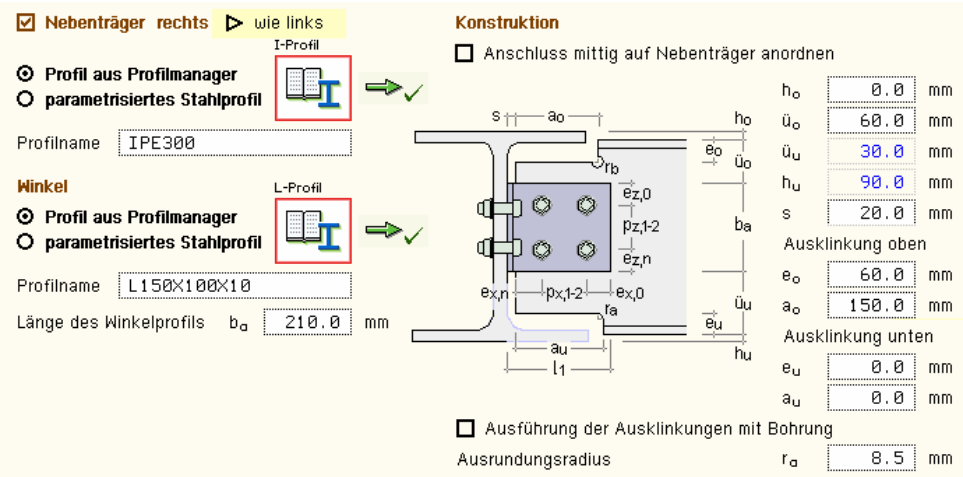
Der untere und der Nebenträgerrandabstand sind zur Kontrolle angegeben; sie werden aus den vorhandenen Daten errechnet und können nicht eingegeben werden.

Die Schraubenabstände werden nach EC 3 kontrolliert und ggf. gekennzeichnet.

Schrauben am Nebenträger

Anzahl der Schraubenreihen vertikal	n_z	3	
oberer Randabstand	$e_{z,0}$	50.0	mm
vertikaler Schraubenabstand von oben	$p_{z,1-2}$	60.0	mm
	$p_{z,2-3}$	60.0	mm
unterer Randabstand	$e_{z,n}$	40.0	mm
Anzahl der Schraubenreihen horizontal	n_x	2	
seitlicher Randabstand (Anschlussblech)	$e_{x,0}$	40.0	mm
horizontaler Schraubenabstand von außen	$p_{x,1-2}$	60.0	mm
seitlicher Randabstand (Nebenträger)	$e_{x,n}$	40.0	mm

3.3.4 Winkelanschluss geschraubt / geschraubt



Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

Zwei Winkelprofile (symmetrisch, je eins links und eins rechts vom Nebenträgersteg) werden an den Nebenträger geschraubt; die anderen Winkelschenkel werden am Hauptträger befestigt. Das Gelenk befindet sich im Schwerpunkt des Schraubenbilds in der Kontaktebene Winkelschenkel / Hauptträger.

Das Winkelprofil ist auszuwählen (s. Abs. 3.1.4, S. 12) und die Breite des Winkels b_a anzugeben. Winkelschenkel 1 liegt am Nebenträger an, Winkelschenkel 2 am Hauptträger.

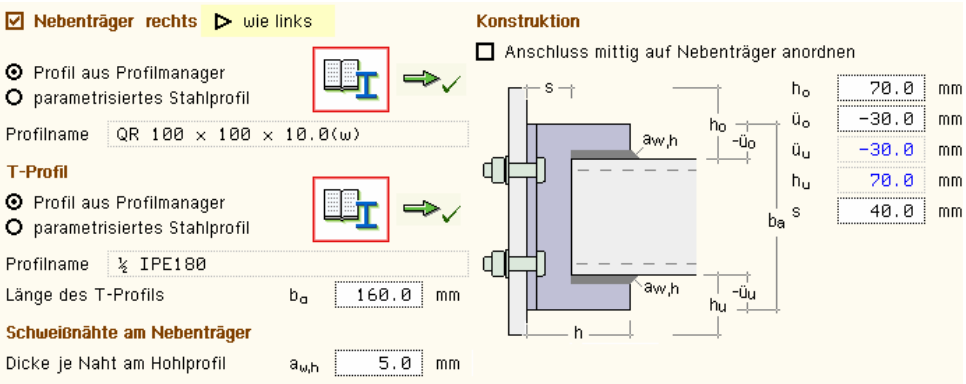
Anschluss eines Hohlprofils

Das Hohlprofil wird vertikal geschlitzt und auf den Steg eines T-Profils geschoben. Der Flansch des T-Profils wird an den Hauptträger geschraubt.

Das Gelenk befindet sich im Schwerpunkt des Schraubenbilds in der Kontaktebene T-Flansch / Hauptträger.

Das T-Profil ist auszuwählen (s. Abs. 3.1.4, S. 12) und die Länge des Profils b_a anzugeben.

Ebenso ist die Schweißnahtdicke zur Befestigung des Hohlprofils am Profilsteg $a_{w,h}$ festzulegen.



Konstruktion

Der Abstand von OK Nebenträger zu einer Bezugsebene wird mit h_o bezeichnet. Die Lage der Bezugsebene entspricht beim Anschluss an den Hauptträgersteg oder ein Blech der OK des Hauptträgers. Beim Anschluss an einen Stützenflansch kann sie frei gewählt werden. Hier ist sie nur von Relevanz, wenn ein beidseitiger Anschluss ausgeführt wird.

Der Abstand von OK Winkelprofil zu OK Nebenträger wird mit $ü_o$ bezeichnet. Beim Anschluss eines Doppel-T-Profils muss dieser Abstand größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein.

Wird ein Hohlprofil angeschlossen, ist $ü_o$ negativ einzugeben.

Entsprechend wird der Abstand von UK Winkelprofil zu UK Nebenträger mit $ü_u$ bezeichnet. Dieser Abstand wird aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Beim Anschluss an einen Trägersteg oder Blech wird der Abstand von UK Nebenträger zu UK Hauptträger h_u angegeben. Dieser Abstand wird ebenfalls aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Über einen Schalter kann erzwungen werden, dass das Anschlussprofil stets mittig zwischen den Flanschen bzw. Ausklinkungen (s.u.) auf dem Trägersteg liegt. Der Abstand $ü_o$ wird dann berechnet und kann nicht eingegeben werden.

Der horizontale Abstand zwischen dem Hauptträger und dem Nebenträger wird mit s bezeichnet. Er kann = 0 gesetzt werden, wobei jedoch die Verdrehbarkeit des Anschlusses zu gewährleisten ist.

Wird kein Hohlprofil angeschlossen, kann der Nebenträger oben und/oder unten ausgeklinkt sein. Eine ***Ausklinkung*** wird aktiv, wenn sowohl der horizontale Abstand a als auch der vertikale Abstand e Werte > 0 annehmen, wobei zu beachten ist, dass der vertikale Abstand e größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein muss. Außerdem darf der Abstand e den Abstand ü nicht überschreiten.

Über einen Schalter können jeweils die Werte der einen Ausklinkung auf die andere übertragen werden.

Die Ausklinkungen können einheitlich entweder ausgerundet (Radius r_a) oder mit Bohrung (Radius r_b) ausgeführt werden.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und kennzeichnet die Breite des Winkels und die Länge des Winkelschenkels 1 bzw. des T-Flanschs.

Schrauben am Nebenträger (nicht Hohlprofil)

Es kann ein Schraubenraster mit einer beliebigen Anzahl an horizontalen und vertikalen Schraubenreihen vorgegeben werden.

Zur Vorgabe des Schraubenrasters sind die Anzahl der vertikalen Reihen und ihre Abstände (Rand- und Zwischenabstände) sowie die Anzahl der horizontalen Reihen und Abstände festzulegen.

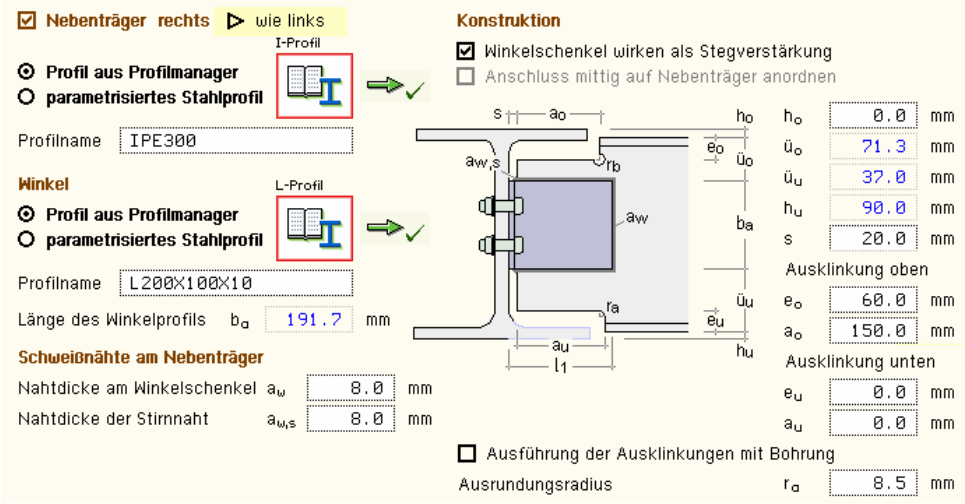
Der untere und der Nebenträgerrandabstand sind zur Kontrolle angegeben; sie werden aus den vorhandenen Daten errechnet und können nicht eingegeben werden.

Die Schraubenabstände werden nach EC 3 kontrolliert und ggf. gekennzeichnet.

Schrauben am Nebenträger

Anzahl der Schraubenreihen vertikal	n_z	3	
oberer Randabstand	$e_{z,0}$	50.0	mm
vertikaler Schraubenabstand von oben	$p_{z,1-2}$	60.0	mm
	$p_{z,2-3}$	60.0	mm
unterer Randabstand	$e_{z,n}$	40.0	mm
Anzahl der Schraubenreihen horizontal	n_x	2	
seitlicher Randabstand (Anschlussblech)	$e_{x,0}$	40.0	mm
horizontaler Schraubenabstand von außen	$p_{x,1-2}$	60.0	mm
seitlicher Randabstand (Nebenträger)	$e_{x,n}$	40.0	mm

3.3.5 Winkelanschluss geschraubt / geschweißt



Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

Zwei Winkelprofile (symmetrisch, je eins links und eins rechts vom Nebenträgersteg) werden an den Nebenträger geschweißt; die anderen Winkelschenkel werden an den Hauptträger geschraubt. Das Gelenk befindet sich im Schwerpunkt des Schraubenbilds in der Kontaktebene zwischen Winkelschenkel und Hauptträger.

Das Winkelprofil ist auszuwählen (s. Abs. 3.1.4, S. 12) und die Breite des Winkels b_a anzugeben. Außerdem sind die Nahtdicken der Kehlnähte, die den Winkelschenkel mit dem Trägersteg verbinden a_w, und der Stirnnaht $a_{w,s}$ (nur bei Anordnung einer Verstärkung, s.u.) anzugeben.

Winkelschenkel 1 liegt am Nebenträger an, Winkelschenkel 2 am Hauptträger.

Anschluss eines Hohlprofils s. Winkelanschluss geschraubt / geschraubt

Konstruktion

Der Abstand von OK Nebenträger zu einer Bezugsebene wird mit h_o bezeichnet. Die Lage der Bezugsebene entspricht beim Anschluss an den Hauptträgersteg oder ein Blech der OK des Hauptträgers. Beim Anschluss an einen Stützenflansch kann sie frei gewählt werden. Hier ist sie nur von Relevanz, wenn ein beidseitiger Anschluss ausgeführt wird.

Der Abstand von OK Winkelprofil zu OK Nebenträger wird mit $ü_o$ bezeichnet. Beim Anschluss eines Doppel-T-Profils muss dieser Abstand größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein.

Wird ein Hohlprofil angeschlossen, ist $ü_o$ negativ einzugeben.

Entsprechend wird der Abstand von UK Winkelprofil zu UK Nebenträger mit $ü_u$ bezeichnet. Dieser Abstand wird aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Beim Anschluss an einen Trägersteg oder Blech wird der Abstand von UK Nebenträger zu UK Hauptträger h_u angegeben. Dieser Abstand wird ebenfalls aus den vorhandenen Daten errechnet und kann nicht eingegeben werden.

Über einen Schalter kann erzwungen werden, dass das Anschlussprofil stets mittig zwischen den Flanschen bzw. Ausklinkungen (s.u.) auf dem Trägersteg liegt. Der Abstand $ü_o$ wird dann berechnet und kann nicht eingegeben werden.

Der horizontale Abstand zwischen dem Hauptträger und dem Nebenträger wird mit s bezeichnet; er darf nicht größer als die 4-fache Dicke des Winkelschenkels 2 sein.

Über einen Schalter kann erzwungen werden, dass Winkelschenkel 1 als Verstärkung (Stegblech) dient, was besonders sinnvoll ist, wenn das Trägerprofil infolge einer Ausklinkung (s.u.) geschwächt wird. Die Winkelbreite b_a und der Abstand $ü_o$ werden dann berechnet und können nicht eingegeben werden.

Der Abstand s muss dann größer als ein Schenkel der Stirnnaht sein, darf aber nicht größer als

die Dicke des Winkelschenkels 2 sein.

Die Blechdicke des Winkelschenkels 1 muss größer oder gleich der Stegdicke des Trägerprofils sein, und der Winkelschenkel 1 muss den geschwächten Bereich vollständig abdecken.

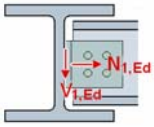
Wird kein Hohlprofil angeschlossen, kann der Nebenträger oben und/oder unten ausgeklinkt sein. Eine ***Ausklinkung*** wird aktiv, wenn sowohl der horizontale Abstand a als auch der vertikale Abstand e Werte > 0 annehmen, wobei zu beachten ist, dass der vertikale Abstand e größer als Flanschdicke + Ausrundungsradius des Nebenträgerprofils sein muss. Außerdem darf der Abstand e den Abstand ü nicht überschreiten.

Über einen Schalter können jeweils die Werte der einen Ausklinkung auf die andere übertragen werden.

Die Ausklinkungen können einheitlich entweder ausgerundet (Radius r_a) oder mit Bohrung (Radius r_b) ausgeführt werden.

Eine Prinzipskizze erläutert die Parameter und kennzeichnet die Breite des Winkels und die Länge des Winkelschenkels 1 bzw. des T-Flanschs.

3.4 Schnittgrößen



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

Die Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen in der Vorzeichendefinition der Statik eingegeben, wobei das x,y,z-Koordinatensystem dem l,m,n-System der pcae-Tragwerksprogramme entspricht.

Es können bis zu 10.000 Schnittgrößenkombinationen eingegeben werden.

Der gelenkige Trägeranschluss überträgt Querkräfte (V_z) und Normalkräfte, die als einander zugehörige Größen in die Tabelle einzutragen sind.

Bei einem Fahnenblechanschluss besteht die Möglichkeit, zu einer vorhandenen Querkraft V_z (Bezugsgröße) eine Querkraft V_y einzugeben.

Für beidseitige Anschlüsse (links und rechts) sind Schnittgrößenkombinationen links ($V_{2,Ed}$, $N_{2,Ed}$) und rechts ($V_{1,Ed}$, $N_{1,Ed}$) vorzugeben, die nur seitenweise einander zugehörig sein müssen.

Es können nur Zugkräfte berücksichtigt werden!

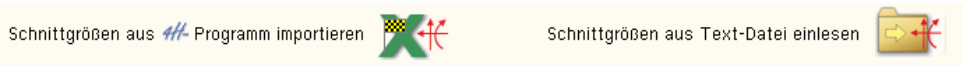
	links		rechts		
	$N_{2,Ed}$ kN	$V_{2,Ed}$ kN	$N_{1,Ed}$ kN	$V_{1,Ed}$ kN	Bezeichnung
	80.00	10.00	50.00	90.00	Lk g+q

Schnittgrößen importieren

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

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

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



Import aus einem -Programm

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

Eine ausführliche Beschreibung zum Schnittgrößenimport aus einem pcae-Programm befindet sich

- ... für den Import bei beidseitigen Anschlüssen unter Abs. 3.4.1, S. 26
- ... für den Import bei einseitigen Anschlüssen unter Abs. 3.4.2, S. 29

Import aus einer Text-Datei

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

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

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

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

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

3.4.1 Schnittgrößenimport bei beidseitigen Anschlüssen

Die statische Berechnung eines Bauteils beinhaltet i.A. die Modellbildung mit anschließender Berechnung des Tragsystems sowie nachfolgender Einzelnachweise von Detailpunkten.

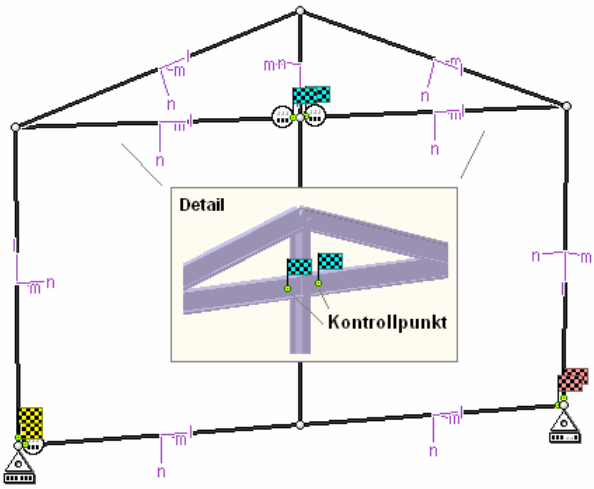
Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörenden Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen. In der 4H-Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, aber doch möglich (z.B. weitere Belastungen). Die Programme bilden eine Einheit. Dies ist z.B. bei dem 4H-Programm Stütze mit Fundament der Fall.
- zum anderen können Detailprogramme Schnittgrößen von in Tragwerksprogrammen speziell festgelegten Exportpunkten über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool einlesen.

  Das folgende Beispiel eines einfachen Rahmens erläutert diesen 4H-Schnittgrößen-Export/Import.

Zunächst sind im exportierenden 4H-Programm (z.B. 4H-FRAP) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

In diesem Beispiel sollen die Schnittgrößen für einen beidseitigen gelenkigen Trägeranschluss übergeben werden. Dazu ist je ein ***Kontrollpunkt*** an den Trägeranschnitten links und rechts zu setzen.



Ausführliche Informationen zum Export entnehmen Sie bitte dem DTE®-Handbuch.

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-EC3GT) zum Import zur Verfügung.

dazu wird im Register zur Eingabe der Bemessungsgrößen der Button für den Datenimport aus einem **pcae**-Programm betätigt

nun wird über den ***Import***-Button das Fenster zur DTE®-Bauteilauswahl (s. auch DTE®-Handbuch) aufgerufen

Zunächst erscheint ein Infofenster, das den Anwender auf die wesentlichen Punkte hinweist.

Es besteht die Möglichkeit, den Import an dieser Stelle abzubrechen, um ggf. das exportierende Programm entsprechend vorzubereiten.

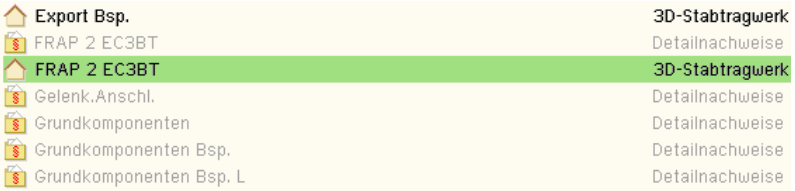
Es werden die am Gelenkknoten wirkenden Schnittgrößen importiert.

Dazu müssen im exportierenden 4H-Programm **zwei Schnitte (links und rechts des Gelenkknotens)** festgelegt sein.

Es können maximal 1000 Lastkombinationen **mit je 6 Werten in die Tabelle übernommen werden.**

Nach Bestätigen des Infofensters wird die DTE®-Bauteilauswahl aktiviert.

In der Bauteilauswahl werden alle berechneten Bauteile nach Verzeichnissen sortiert dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.



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

In der *Identifizierungsphase* der Schnittgrößenauswahl werden alle verfügbaren Schnitte des ausgewählten Bauteils angezeigt, wobei diejenigen Schnitte deaktiviert sind, deren Material nicht kompatibel mit dem aktuellen Detailprogramm ist.

Nun werden die Schnitte den einzelnen Abteilungen in der Schnittgrößentabelle (hier Träger (rechts), Träger (links)) zugeordnet. Dazu wird der entsprechende Eintrag (hier *Schnitt 8*) angewählt und der zugehörigen Zeile in der dann folgenden Tabelle zugewiesen (hier *Träger (rechts)*).

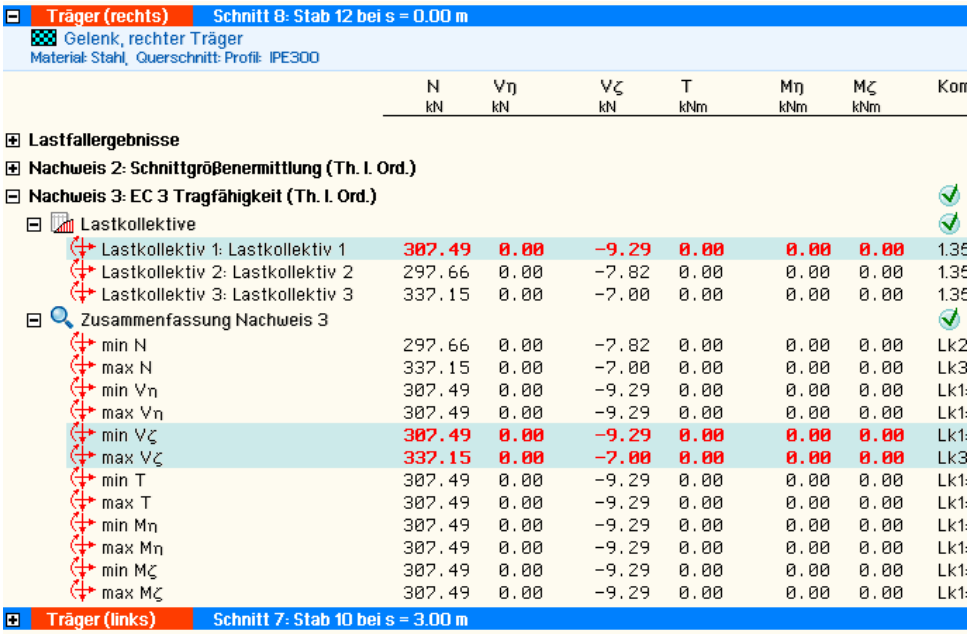
Ist eine Abteilung festgelegt, werden die in Frage kommenden möglichen Alternativen für die noch nicht festgelegte Abteilung mit einem Pfeil gekennzeichnet.

sind nicht ausreichend Schnitte vorhanden, kann die DTE®-Schnittgrößenauswahl nur über den ***abbrechen***-Button verlassen werden, ein Import ist dann nicht möglich.

Zur visuellen Kontrolle werden in einem nebenstehenden Fenster die definierten Schnitte angezeigt.

erst wenn sämtliche Schnitte zugeordnet sind, ist die Identifizierungsphase abgeschlossen und die Schnittgrößenauswahl folgt.

Es werden die verfügbaren Schnittgrößenkombinationen der gewählten Schnitte angeboten, die über das '+'-Zeichen am linken Rand aufgeklappt werden können.



	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm	Kom
Lastfallergebnisse							
Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)							
Nachweis 3: EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)							✓
Lastkollektive							✓
Lastkollektiv 1: Lastkollektiv 1	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	1.35
Lastkollektiv 2: Lastkollektiv 2	297.66	0.00	-7.82	0.00	0.00	0.00	1.35
Lastkollektiv 3: Lastkollektiv 3	337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00	1.35
Zusammenfassung Nachweis 3							✓
min N	297.66	0.00	-7.82	0.00	0.00	0.00	Lk2
max N	337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00	Lk3
min Vη	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
max Vη	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
min Vζ	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
max Vζ	337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00	Lk3
min T	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
max T	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
min Mη	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
max Mη	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
min Mζ	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1
max Mζ	307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	Lk1

Die Kombinationen können beliebig zusammengestellt werden.

über den nebenstehend dargestellten Button kann die Anzahl an Schnittgrößenkombinationen durch Abwahl doppelter Zeilen häufig stark reduziert werden

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

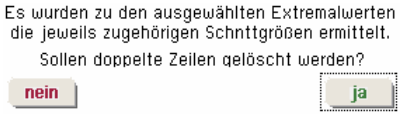
wird das Import-Modul über den ***bestätigen***-Button verlassen, werden die Schnittgrößen übernommen und für das importierende Programm aufbereitet

pcae gewährleistet durch geeignete Transformationen, dass die Schnittgrößen sowohl im KOS des importierenden Programms vorliegen, als auch - bei mehrschnittigen Verbindungen - einander zugehörig sind, d.h. dass die Trägerschnittgrößen links und rechts aus derselben Faktorisierungsvorschrift entstanden sind.

In einem Infofenster werden die eigene Auswahl fett und die aus der Faktorisierungsvorschrift berechneten Schnittgrößen eines anderen Schnitts in normaler Schriftdicke dargestellt.

Träger (rechts)						Träger (links)					
N	Vη	Vζ	T	Mη	Mζ	N	Vη	Vζ	T	Mη	M
307.49	**0.00**	**-9.29**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	127.40	0.00	-0.53	0.00	0.00	(
307.49	**0.00**	**-9.29**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	127.40	0.00	-0.53	0.00	0.00	(
337.15	**0.00**	**-7.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	189.48	0.00	-1.15	0.00	0.00	(

Auch an dieser Stelle besteht die Möglichkeit, doppelt vorkommende Zeilen zu ignorieren.



Das aufnehmende Programm bestückt nun die Schnittgrößentabelle.

Bei der Übernahme erfolgen Plausibilitätschecks und ggf. Meldungen.

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

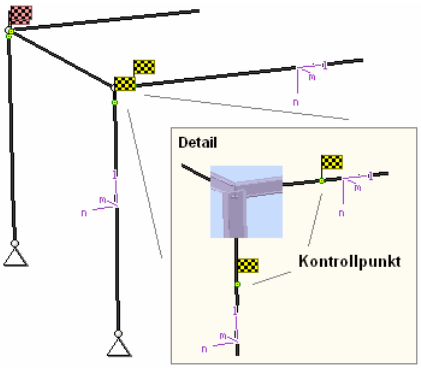
3.4.2 Schnittgrößenimport bei einseitigen Anschlüssen

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

In der 4H-Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, aber doch möglich (z.B. weitere Belastungen). Die Programme bilden eine Einheit. Dies ist z.B. bei dem 4H-Programm Stütze mit Fundament der Fall.
- zum anderen können Detailprogramme Schnittgrößen von in Tragwerksprogrammen speziell festgelegten Exportpunkten über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool einlesen. Das folgende Beispiel eines einfachen Rahmens erläutert diesen 4H-Schnittgrößen-Export/Import.

Zunächst sind in dem exportierenden 4H-Programm (z.B. 4H-FRAP) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.



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

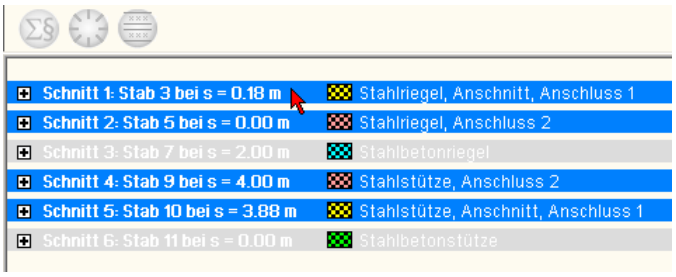
Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

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

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-BETON, 4H-EC3SA, 4H-EC3IH, 4H-EC3BT, 4H-EC3GT) zum Import zur Verfügung.

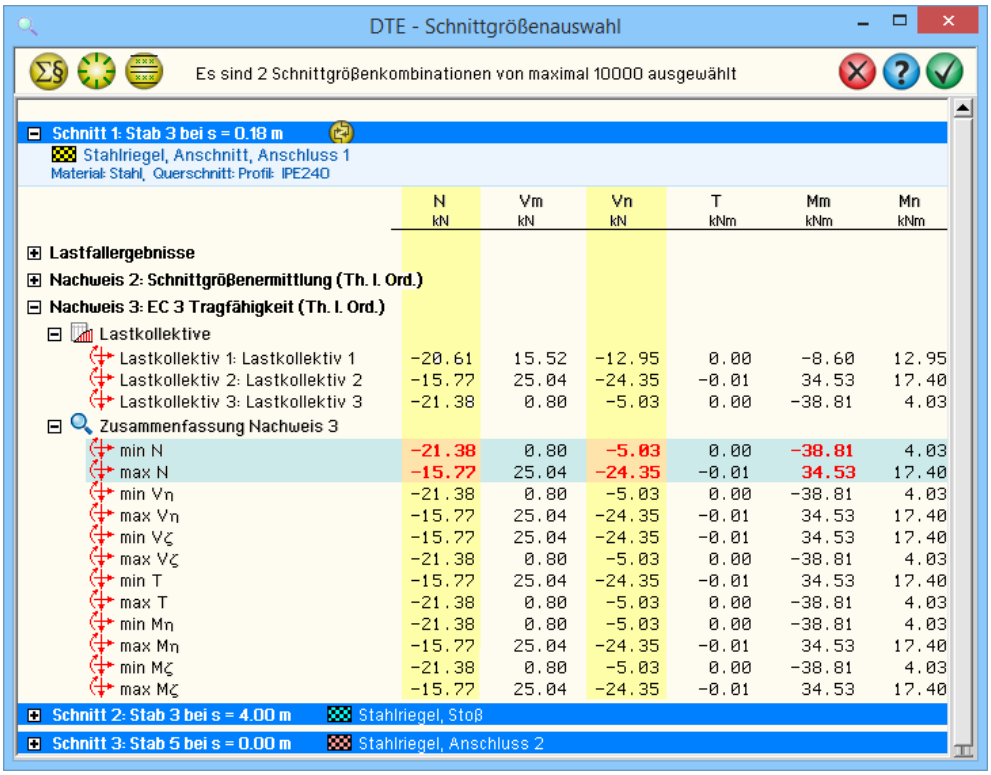
Aus dem aufnehmenden 4H-Programm wird nun über den ***Import***-Button das Fenster zur DTE®-Bauteilauswahl aufgerufen. Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

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



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

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



	N kN	Vm kN	Vn kN	T kNm	Mm kNm	Mn kNm
Lastkollektiv 1: Lastkollektiv 1	-20.61	15.52	-12.95	0.00	-8.60	12.95
Lastkollektiv 2: Lastkollektiv 2	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
Lastkollektiv 3: Lastkollektiv 3	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
min N	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max N	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
min Vη	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Vη	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
min Vζ	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
max Vζ	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
min T	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
max T	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
min Mη	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Mη	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
min Mζ	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Mζ	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40

In ##-EC3GT wird für den Trägeranschluss nur ein reduzierter Schnittgrößensatz benötigt, was durch gelbe Hinterlegung der für den Import vorgesehenen Spalten angezeigt wird.

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

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

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

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

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

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

3.5 Ergebnisübersicht

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

Lastfall	Ausnutzung links	Ausnutzung rechts
Lastfall 1	**47%**	**99%**
Querkraft	47%	99%
Schweißnähte	29%	21%
Querschnitt	3%	26%
Lastfall 2		**175%**
Querkraft		175%
Schweißnähte		38%
Querschnitt		46%
Lastfall 3	**94%**	**44%**
Querkraft	94%	44%
Schweißnähte	57%	9%
Querschnitt	6%	12%
Gesamt	94%	175%

Tragfähigkeit nicht gewährleistet (s. Druckliste) !!

Zur sofortigen Kontrolle und des besseren Überblicks halber werden die Ergebnisse übersichtlich je Anschlussseite lastfallweise zusammengestellt.

Eine Box zeigt an, ob ein Lastfall die Tragfähigkeit des Anschlusses überschritten hat (rot ausgekreuzt) oder wie viel Reserve noch vorhanden ist (grüner Balken).

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

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

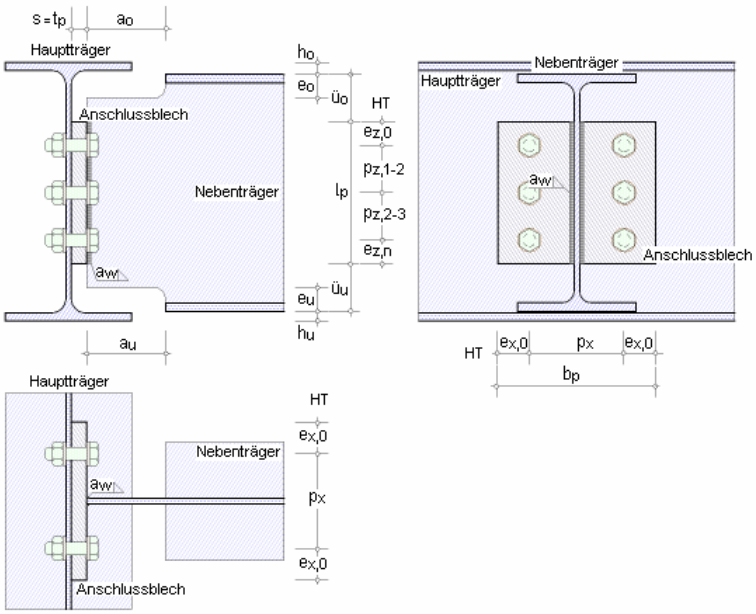
Wenn die Ursache des Fehlers nicht sofort ersichtlich ist, sollte die Druckliste in der ausführlichen Ergebnisdarstellung (s. Abs. 8.2, S. 73) geprüft werden.

3.6 Parameterbeschreibung

In den nachfolgenden Grafiken sind die Parameterbezeichnungen aufgeführt, auf die im Programm Bezug genommen wird.

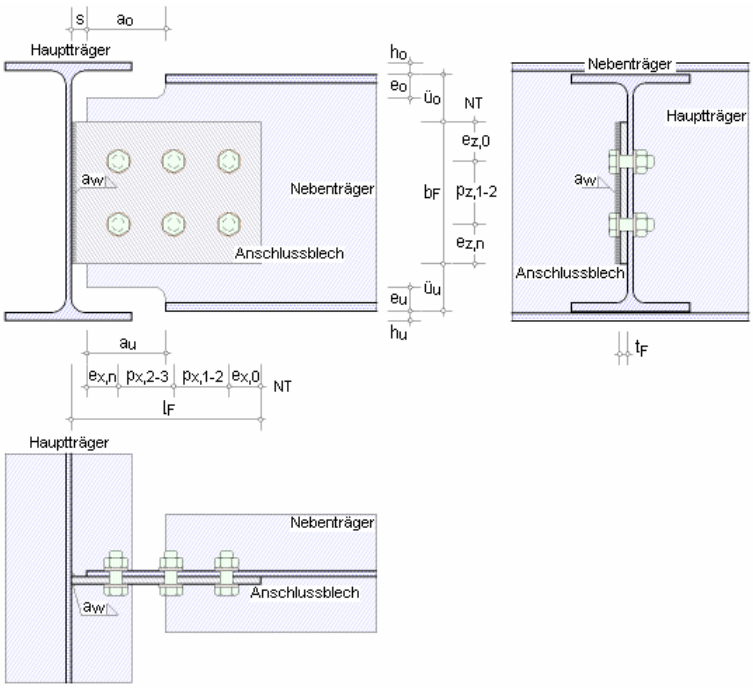
Die Darstellungen der Anschlusstypen beziehen sich auf eine Träger-Träger-Verbindung, sie gelten für die Träger-Stützenverbindung analog.

3.6.1 Stirnblechanschluss

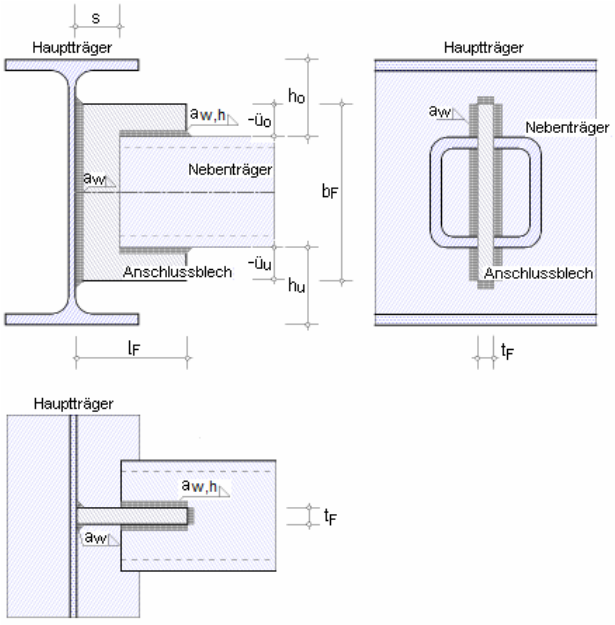


3.6.2 Fahnenblechanschluss

Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

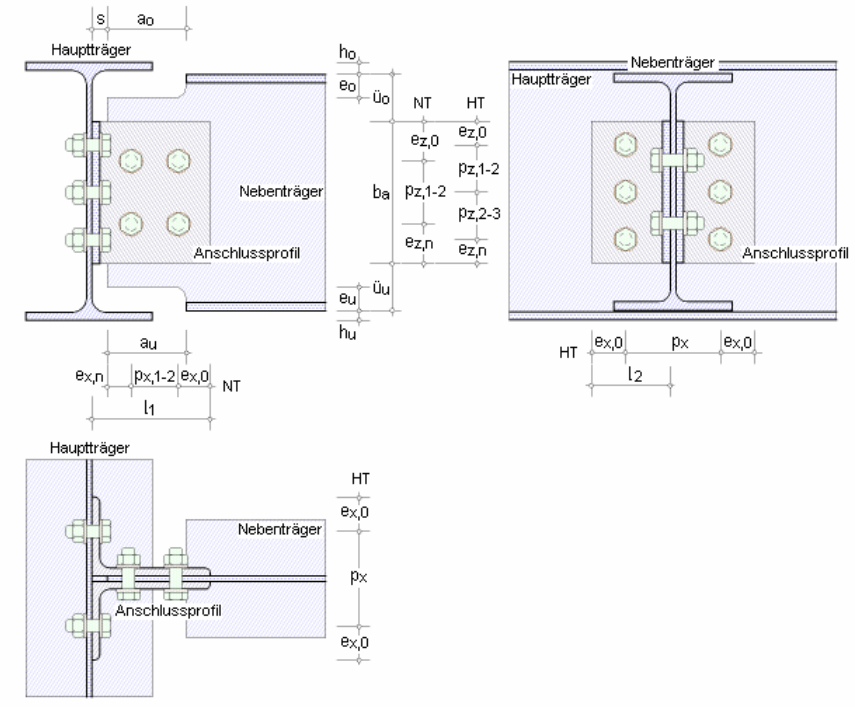


Anschluss eines Hohlprofils

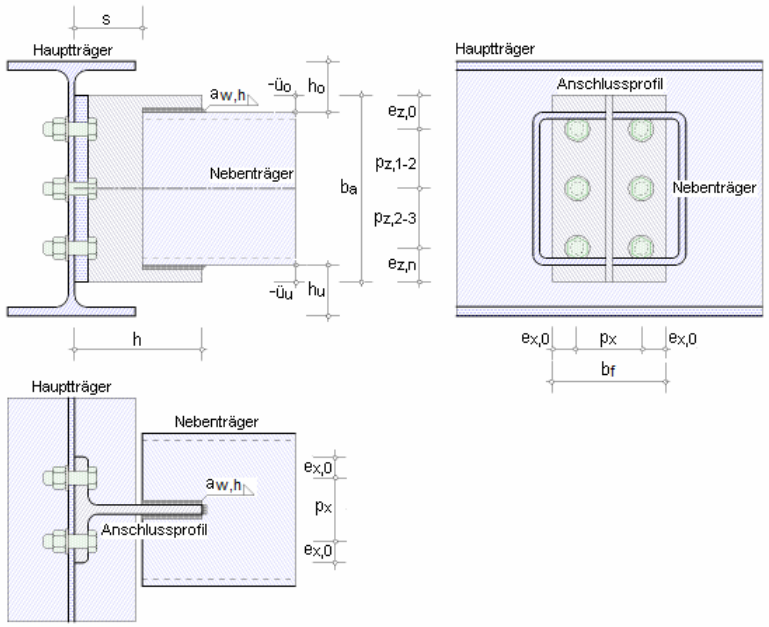


3.6.3 geschraubter Winkelanschluss

Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

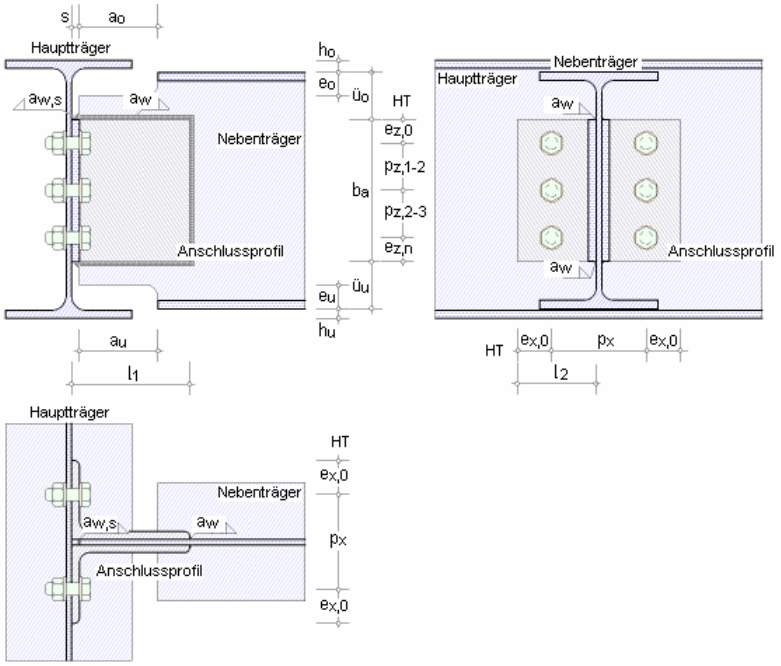


Anschluss eines Hohlprofils



3.6.4 geschweißter Winkelanschluss

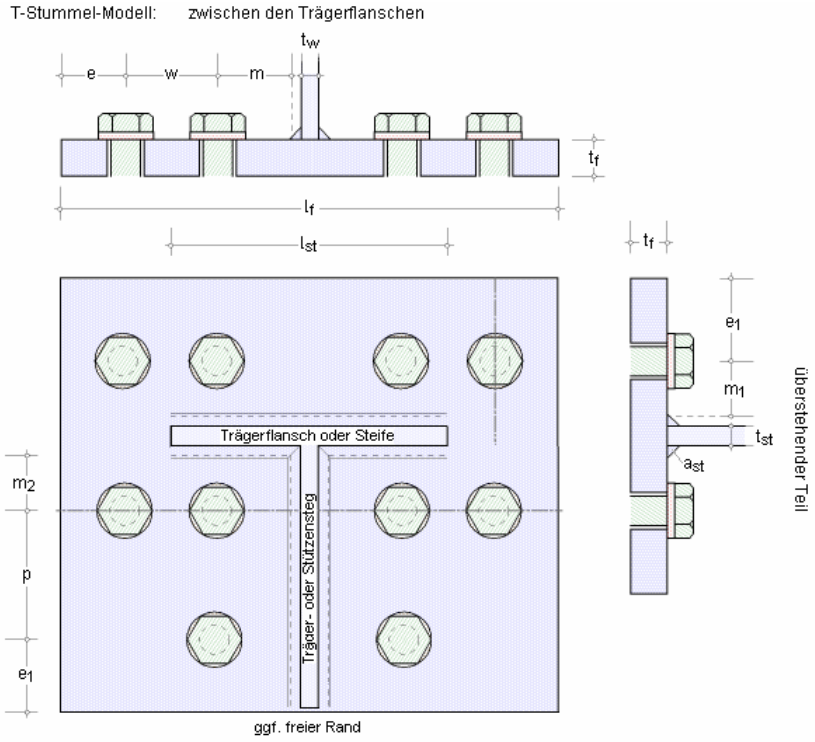
Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs



Anschluss eines Hohlprofils s. geschraubter Winkelanschluss

3.6.5 äquivalenter T-Stummel

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



4 Nachweise

4.1 Nachweise EC 3

Die Bemessung gelenkiger Trägeranschlüsse nach EC 3 basiert ursprünglich auf den Vorgaben des ECCS, No.126 *European Recommendations for the Design of Simple Joints in Steel Structures* aus 2009.

Mittlerweile sind in Deutschland in einigen Punkten Anpassungen vorgenommen worden. Im Folgenden wird die konventionelle Methode vorgestellt, wobei jedoch die Abwandlungen vom ECCS gekennzeichnet sind. Im Programm können beide Methoden ausgewählt werden.

Zunächst werden einige Berechnungskapitel vorgestellt, die für mehrere Anschlusstypen bzw. Nachweisverfahren gelten. Anschließend werden die einzelnen Anschlusstypen vorgestellt.

4.1.1 Berechnung eines Punktequerschnitts

Bezogen auf ein Ursprungskoordinatensystem sind die Koordinaten beliebiger Punkte (z.B. ein Schraubenfeld im Anschlussblech) gegeben. Für jeden Punkt lassen sich zu einer einwirkenden Schnittgrößenkombination die resultierenden Kräfte in Richtung der Koordinatenachsen sowie der resultierenden Gesamtkraft berechnen.

Für einen Punktehaufen im y/z-Koordinatensystem gilt

$$A = n \quad \text{... und ...} \quad I_p = \sum_n y_i^2 + \sum_n z_i^2$$

Damit ergibt sich für jeden Punkt bzw. jede Schraube i

$$T_{y,i} = \frac{V_y}{A} - \frac{M_x}{I_p} \cdot z_i \quad \text{... und ...} \quad T_{z,i} = \frac{V_z}{A} + \frac{M_x}{I_p} \cdot y_i \quad \text{... und ...} \quad T_i = \sqrt{T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2}$$

$T_{y,i}$; $T_{z,i}$ ... Kräfte in den Koordinatenrichtungen

T_i ..... resultierende Kraft der Schraube i

Im Programm kann die Berechnung des Punktequerschnitts eingesehen werden.

4.1.2 Berücksichtigung von Druckkontakt

Bei Winkelanschlüssen können sich die Winkelschenkel am Steg des Nebenträgers abstützen, so dass die Schrauben aufgrund des Druckkontakts eine geringere Belastung erfahren. Die Kontaktfläche muss geschätzt werden; im Programm wird die minimale Druckflächenhöhe ermittelt.

Die Breite errechnet sich aus dem Verteilungswinkel, der für eine einreihige Schraubenanordnung mit α = 45°, für eine mehrreihige mit α = 60° angenommen wird

$$b_D = t_2 + \frac{t_1}{\tan\alpha} + \left(1 - \frac{1}{\sin\alpha} + \frac{1}{\tan\alpha}\right) - s$$

Der Punktequerschnitt wird nun für die um $h_D/2$ reduzierten Schraubenabstände ausgewertet. Anschließend wird die Druckkraft kontrolliert. Ist der Nachweis nicht erfüllt, wird die Kontakthöhe h_D erhöht.

$$D = \Sigma T_{y,i} \quad \text{... und ...} \quad U = \frac{D}{f_y \cdot A_D} \leq 1 \quad \text{... und ...} \quad A_D = b_D \cdot h_D$$

4.1.3 ECCS- Modellvoraussetzungen

Anschluss an den Hauptträger

Eine ausreichende ***Rotationskapazität*** ist zu gewährleisten. U.a. muss die Länge des Anschlussblechs am Hauptträger kleiner oder gleich der Steghöhe ohne Ausrundung des Nebenträgers sein.

Zur Vermeidung vorzeitigen Ausfalls der Schrauben unter Zug ist eine der folgenden Bedingungen einzuhalten

$$d/t_p \geq 2.8 \cdot \sqrt{f_{yp}/f_{ub}} \quad \text{... oder ...} \quad d/t_w \geq 2.8 \cdot \sqrt{f_y/f_{ub}} \quad \text{... bzw. ...} \quad d/t_f \geq 2.8 \cdot \sqrt{f_y/f_{ub}}$$

Bei einem Stirnblechanschluss ist die Dicke der Doppelkehlnähte am Trägersteg zur Gewährleistung der vollen Tragfähigkeit mindestens anzusetzen mit

$$a_w = \frac{\beta_w}{\sqrt{2}} \cdot \frac{f_y}{f_u} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \cdot t_w$$

Anschluss an den Nebenträger

Eine ausreichende Rotationskapazität ist zu gewährleisten. U.a. muss die Länge des Anschlussblechs am Nebenträger kleiner oder gleich der Steghöhe ohne Ausrundung des Nebenträgers sein.

Bei einem Fahnenblechanschluss ist zur Vermeidung vorzeitigen Ausfalls der Schweißnähte am Hauptträger die Nahtdicke mindestens anzusetzen mit

$$a_w = \frac{\beta_w}{\sqrt{2}} \cdot \frac{f_{yF}}{f_{uF}} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \cdot t_F$$

Zur Sicherstellung der plastischen Umlagerungsfähigkeit sind einzuhalten

$$V_{Rd} < \min\left(V_{Rd,1}; V_{Rd,7}\right)$$
$$V_{Rd} > \min\left(V_{Rd,2}; V_{Rd,8}\right)$$

Die Schweißnahtbedingungen sind auch bei Anwendung der konventionellen Methode einzuhalten.

Mit dem Verfahren nach ECCS können Stirnblech-, Fahnenblech- und geschraubte Winkelanschlüsse (als Kombination von Stirnblech- und Fahnenblechanschluss) berechnet werden.

4.1.4 Nachweise

Für Querkraftanschlüsse sind nachzuweisen

- Abscheren und Lochleibung der Schrauben
- Blockversagen der Schraubengruppe
- Anschlussblech und Steg des Nebenträgers mit Schub
- Anschlussblech mit Biegung aus Querkraft
- ECCS: Anschlussblech am Nebenträger mit Beulen, wird nicht durchgeführt

Für Zuganschlüsse sind nachzuweisen (ECCS: Nw. im Bruchzustand, d.h. $\gamma_{M0} = \gamma_{Mu}$ mit $\gamma_{Mu} = 1.1$ und $f_y = f_u$)

- Schrauben mit Zug
- Blockversagen der Schraubengruppe
- Anschlussblech und Steg des Nebenträgers mit Zug
- Anschlussblech und ggf. Flansch des Hauptträgers mit Biegung aus Zug

Dazu kommen ggf. noch

- Nachweis der Schweißnähte
- Querschnittsnachweis an der Ausklinkung des Nebenträgers
- Querschnittsnachweis des Nebenträgers ohne Ausklinkung

Es werden die minimale Schubtragfähigkeit bzw. Zugkrafttragfähigkeit ermittelt und den einwirkenden Größen gegenübergestellt. Schweißnaht- und Querschnittsnachweise werden separat geführt.

Abscheren

Es liegt Schraubenkategorie A und damit keine gleitfeste Verbindung vor. Bei Beanspruchung der Schrauben durch Querkraft und Zug wird die Interaktionsbedingung überprüft

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit unter Gk 11, Schrauben mit Abscherbeanspruchung, Abs. 5.4, S. 53.

Die Abschertragfähigkeit wird je Schraube ermittelt; der Minimalwert ist maßgebend.

ECCS: Bei einer Stirnblech- bzw. Winkelverbindung wird die Abschertragfähigkeit am Hauptträger im Mittel auf 80% reduziert.

Lochleibung

Es werden nur Schrauben mit normalem Lochspiel ohne Senkung verwendet. Da für Anschlussblech und Trägersteg oder -flansch unterschiedliche Randabstände und Blechdicken gelten, wird die Tragfähigkeit separat ermittelt.

Nähere Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit unter Grundkomponente 12, Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung, Abs. 5.5, S. 54.

Die Lochleibungstragfähigkeit wird je Schraube und Lastrichtung ermittelt; der Minimalwert ist maßgebend.

ECCS: Die Gesamt-Lochleibungstragfähigkeit wird als Minimalwert der vektoriellen Addition der Kraftrichtungen gewonnen. Für den Winkelschenkel am Nebenträger wird stattdessen eine quadratische Interaktion durchgeführt.

Blockversagen von Schraubengruppen

Nach EC 3-1-8, 3.10.2, wird das Blockversagen einer Schraubengruppe durch das Schubversagen des Blechs entlang der schubbeanspruchten Schraubenreihe in Kombination mit dem Zugversagen des Blechs entlang der zugbeanspruchten Schraubenreihe am Kopf der Schraubengruppe verursacht.

Es wird unterschieden zwischen einer symmetrisch angeordneten Schraubengruppe unter zentrischer Belastung, wie sie bei Stirnblechanschlüssen vorkommt, und einer Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung. Der Widerstand gegen Blockversagen ergibt sich zu

$$V_{Rd} = f_u \cdot \frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} \quad \text{..... symmetrisch + zentrisch}$$

$$V_{Rd} = \frac{f_u}{2} \cdot \frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} \quad \text{..... sonst}$$

A_{nt} zugbeanspruchte Nettoquerschnittsfläche
A_{nv} schubbeanspruchte Nettoquerschnittsfläche

ECCS: Anschluss an den Hauptträger: das Tragverhalten ist symmetrisch + zentrisch, wenn gilt

$$l_p \geq 1.36 \cdot p_x$$

Blech mit Schub

Die Tragfähigkeit eines Blechs mit Schub wird berechnet zu

$$V_{Rd,brut} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad \text{..... brutto}$$

$$V_{Rd,net} = \frac{A_{v,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{..... netto}$$

A_v Schubquerschnittsfläche
$A_{v,net}$ Netto-Schubfläche

ECCS: Die Brutto-Schubtragfähigkeit wird auf 1/1.27 reduziert.

Blech mit Biegung und Querkraft

Auf ein Anschlussblech können aus der einwirkenden Querkraft ein Biege- und ein Torsionsmoment resultieren. Der sich daraus ergebende Spannungsnachweis kann nach der einzigen Unbekannten V_{Rd} aufgelöst werden und man erhält die Tragfähigkeit des Blechs mit Biegung und Querkraft

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \text{... mit ...} \quad \sigma_x = \frac{M_y}{W_y} \quad \text{... und ...} \quad \tau = \frac{V_z}{A_z} + \frac{M_x}{W_x} \quad \text{... bzw. ...} \quad \tau = 1.5 \cdot \frac{V_z}{A_z}$$

$$\text{... und ...} \quad M_y = V_z \cdot b_y \quad \text{... und ...} \quad M_x = V_z \cdot b_x \quad \text{... und ...} \quad \sigma_v = f_y / \gamma_{M0} \quad \text{... ergibt sich}$$

$$V_{Rd} = V_z = \frac{f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{\left(\frac{b_y}{W_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{1}{A_z} + \frac{b_x}{W_x}\right)^2}}$$

ECCS: Anschluss an den Hauptträger, wenn gilt

$$l_p \geq 1.36 \cdot p_x$$

bzw. Anschluss an den Nebenträger, wenn gilt

$$b_F \geq 2.73 \cdot z \quad \text{... mit ...} \quad z = s + e_{x,n}$$

wird die Schubtragfähigkeit unendlich.

Ist an der betrachteten Stelle neben der Querkraft V_z auch ein Biegemoment M_y vorhanden, muss der Lochabzug in der Biegezugzone berücksichtigt werden, wohingegen er im Druckbereich und bei Schub entfallen darf. Jedoch dürfen die Löcher auch in der zugbeanspruchten Fläche vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingung eingehalten ist

$$\frac{A_{net} \cdot 0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Sind die Löcher nicht vernachlässigbar, werden die Netto-Querschnittswerte des Anschlussblechs verwendet.

Schrauben mit Zug

Es werden nur Schrauben ohne Senkung verwendet. Nähere Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit unter Gk 10, Schrauben mit Zug, Abs. 5.3, S. 53.

Blech mit Biegung aus Zug

Es liegt der Beanspruchungstyp einer Grundkomponente nach EC 3-1-8, Tab. 6.1, vor. Zur Berechnung wird für ein Stirnblech Gk 5 und für den Stützenflansch Gk 4 verwendet. Beide basieren auf dem Modell des äquivalenten T-Stummels.

Nähere Informationen unter Gk 4, Stützenflansch mit Biegung (Abs. 5.1, S. 51), bzw. Gk 5, Stirnblech mit Biegung (Abs. 5.2, S. 52).

Blech mit Zug

Die Tragfähigkeit eines Blechs mit Zug wird berechnet zu

$$N_{Rd,brut} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{..... brutto}$$

$$N_{Rd,net} = 0.9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{... netto}$$

A Querschnittsfläche
A_{net} Netto-Querschnittsfläche

Nachweis der Schweißnähte

Die Schweißnähte werden über den Linienquerschnitt nachgewiesen, s. Abs. 7, S. 71.

Querschnittsnachweis

Der Tragsicherheitsnachweis der offenen, dünnwandigen Querschnitte kann nach dem Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* (DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.1(5)) oder nach dem Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* geführt werden (DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.1(6)).

Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch*

Beim Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch* (E-E) werden die Schnittgrößen (Beanspruchungen) auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt. Der Spannungsnachweis erfolgt mit dem Fließkriterium aus DIN EN 1993-1-1, Abs. 6.2.1(5), Formel 6.1.

Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch*

Beim Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* (E-P) werden die Schnittgrößen (Beanspruchungen) auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt. Anschließend wird mit Hilfe des Teilschnittgrößenverfahrens (TSV) mit Umlagerung nach *R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit* überprüft, ob die Schnittgrößen vom Querschnitt unter Ausnutzung der plastischen Reserven aufgenommen werden können (plastische Querschnittstragfähigkeit).

Es können Dreiblechquerschnitte (I-, C-, U-, Z-, L-, T-Querschnitte) und Rohre als Profile oder typisierte Querschnitte unter zweiachsiger Beanspruchung einschl. St. Venant'scher Torsion und Wölbkrafttorsion nachgewiesen werden.

Dieses Berechnungsverfahren ist allgemeingültiger als die in DIN EN 1993 angegebenen Interaktionen für spezielle Schnittgrößenkombinationen.

Eine Begrenzung der Grenzbiegemomente wie in DIN 18800, El. 755, ist in DIN EN 1993 nicht erforderlich.

Hohlprofile können mit diesem Verfahren plastisch **nicht** nachgewiesen werden.

Grenzwerte grenz (c/t)

Die Grenzwerte grenz (c/t) werden je nach Nachweisverfahren aus DIN EN 1993-1-1, Abs. 5.5.2, Tab. 5.2, ermittelt. Dies entspricht der Überprüfung der erforderlichen Klassifizierung des Querschnitts.

Lässt die Klassifizierung keinen plastischen Nachweis zu, erfolgt eine Meldung und der Querschnitt wird elastisch nachgewiesen.

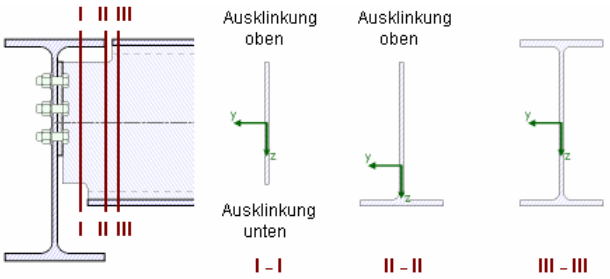
Ausklinkungen

Im Bereich von Ausklinkungen wird das Doppel-T-Profil geschwächt, d.h. es trägt nur noch ein T-Profil oder, bei zwei Ausklinkungen, ein Blech. Diese Bereiche müssen nachgewiesen werden. Maßgebende Schnitte liegen am Beginn der Ausklinkungen (s. Schnitte I-I oder II-II). Das maßgebende Moment ergibt sich aus der Querkraft zu

$$M = V \cdot \Delta x$$

Δx Abstand vom Gelenk zum Beginn der Ausklinkung

Der Nachweis des Gesamtquerschnitts wird dann in Schnitt III-III geführt.



4.1.5 Nachweis des Stirnplattenanschlusses

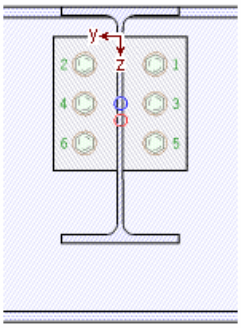
Der Momentennullpunkt (Gelenk, rot gekennzeichnet) wird in Höhe der Nebenträgerachse in der Kontaktebene Stirnplatte / Hauptträger angenommen. Hier wirken die eingegebenen Schnittgrößen.

Der Drehpunkt (blau gekennzeichnet) liegt in Höhe des Schwerpunkts des Schraubenbildes in der Kontaktebene Stirnplatte / Hauptträger.

Es können beliebig viele Schrauben mit je zwei Schrauben je Reihe (je eine links und rechts vom Nebenträgersteg) angeordnet werden.

Für drei Schraubenreihen ergibt sich folgender Punktequerschnitt

Punktequerschnitt:
Schwerpunktskoordinaten $y_s' = 0.0$ mm, $z_s' = 85.0$ mm
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 6$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma y_i'^2 + \Sigma z_i'^2 = 221.50$ cm²
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 0.0$ kN, $V_z' = 80.0$ kN, $M_x' = 0.00$ kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i'$, $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i'$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$
Punkt 1: $T_1 = T_{z,1} = 13.33$ kN
Punkt 2: $T_2 = T_{z,2} = 13.33$ kN
Punkt 3: $T_3 = T_{z,3} = 13.33$ kN
Punkt 4: $T_4 = T_{z,4} = 13.33$ kN
Punkt 5: $T_5 = T_{z,5} = 13.33$ kN
Punkt 6: $T_6 = T_{z,6} = 13.33$ kN



Inf. der symmetrischen Belastung (nur V_z) ergibt sich eine gleichmäßige Beanspruchung der einzelnen Schrauben. Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:
Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 2.01$ cm²
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 38.60$ kN, $f_{ub} = 400.0$ N/mm²
Schraube 1: $U_1 = T_1 / F_{v,Rd} = 13.33 / 38.60 = 0.345$
Schraube 2: ....
max $U_i = 0.345$
Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 231.6$ kN

Stirnplatte mit Lochleibung:
Schraube 1: Lochleibungswiderstand: $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 74.67$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.65$
vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / F_{b,z,Rd} = 13.33 / 74.67 = 0.179$
Schraube 2: ....
max $U_i = 0.179$
Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 448.0$ kN

Trägersteg mit Lochleibung: analog
max $U_i = 0.199$
Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = V_{1,Ed} / \max U_i = 401.8$ kN

Stirnplatte mit Zug und Schub (Blockversagen):
Zug: $A_{nt} = 2 \cdot t_p \cdot b_{net} = 6.20$ cm², $b_{net} = e_{x,0} - d_0/2 = 31.0$ mm
Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 9.00$ cm², $h_{net} = l_p - e_{z,0} - (n_z - 0.5) \cdot d_0 = 90.0$ mm, $e_{z,0} = 35.0$ mm
symmetrisch angeordnete Schraubengruppe unter zentrischer Belastung:
Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 300.67$ kN, $f_u = 360.0$ N/mm², $f_y = 235.0$ N/mm²
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot V_{eff,Rd} = 601.3$ kN

Stirnplatte mit Biegung und Schub:
$b' = (w' - t_w)/2 = 41.5$ mm, $w' = 2 \cdot e_{x,n} + (n_x/2 - 1) \cdot p_x = 90.0$ mm, $A = l_p \cdot t_p \cdot 2/3 = 11.33$ cm²
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y/\gamma_{M0} / ((b'/W_{el})^2)^{1/2} = 273.08$ kN
mit $W_{el} = 48.17$ cm³, $b' = 41.5$ mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y/\gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 153.77$ kN
mit $A' = 11.33$ cm²
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = 2 \cdot \min(273.08, 153.77) = 307.5$ kN

Trägersteg mit Schub (neben der Schweißnaht):
Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 163.76$ kN mit $A_v = h \cdot t = 12.07$ cm², $h = 170.0$ mm
Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,6} = 163.8$ kN

Schubtragfähigkeit: min $V_{Rd,p} = V_{Rd,6} = 163.8$ kN

4.1.6 Nachweis des Fahnenblechanschlusses

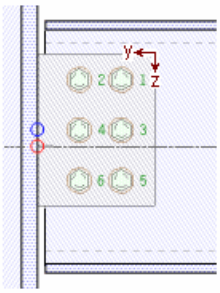
Der Momentennullpunkt (Gelenk, rot gekennzeichnet) wird hier in Höhe der Nebenträgerachse am Hauptträger angenommen. Im Gelenk wirken die eingegebenen Schnittgrößen.

Der Drehpunkt (blau gekennzeichnet) liegt in Höhe des Schwerpunkts des Schraubenbildes am Hauptträger.

Daher ergibt sich für ein 3 x 2 - Schraubenbild folgender Punktequerschnitt

Punktequerschnitt:
Schwerpunktskoordinaten $y_s' = 65.0$ mm, $z_s' = 90.0$ mm
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 6$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma y_i'^2 + \Sigma z_i'^2 = 181.50$ cm²
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 0.0$ kN, $V_z' = 80.0$ kN, $M_x' = 6.00$ kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i'$, $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i'$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$

Punkt 1:	$T_{y,1} = 19.83$ kN	$T_{z,1} = 5.07$ kN	$T_1 = 20.47$ kN
Punkt 2:	$T_{y,2} = 19.83$ kN	$T_{z,2} = 21.60$ kN	$T_2 = 29.32$ kN
Punkt 3:	$T_{y,3} = -0.00$ kN	$T_{z,3} = 5.07$ kN	$T_3 = 5.07$ kN
Punkt 4:	$T_{y,4} = -0.00$ kN	$T_{z,4} = 21.60$ kN	$T_4 = 21.60$ kN
Punkt 5:	$T_{y,5} = -19.83$ kN	$T_{z,5} = 5.07$ kN	$T_5 = 20.47$ kN
Punkt 6:	$T_{y,6} = -19.83$ kN	$T_{z,6} = 21.60$ kN	$T_6 = 29.32$ kN



Bei reiner Querkraftbeanspruchung ($V_y = M_x = 0$) ergibt sich eine gleichmäßige Beanspruchung der einzelnen Schrauben (vgl. Stirnblechanschluss).

ECCS: Der Momentennullpunkt (Gelenk) wird - wie beim Stirnplattenanschluss - in Höhe der Nebenträgerachse im Anschnitt zum Hauptträger angenommen.

Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:
Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 2.01$ cm²
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 38.60$ kN, $f_{ub} = 400.0$ N/mm²
Schraube 1: $U_1 = T_1 / (1 \cdot F_{v,Rd}) = 0.530$
Schraube 2: ....
Gesamt: max $U_i = 0.760$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 105.3$ kN

Fahnenblech mit Lochleibung:
Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 67.24$ kN, $k_1 = 2.19$, $\alpha_b = 0.56$
vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / (1 \cdot F_{b,Rd}) = 0.075$
Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 93.44$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.68$
horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / (1 \cdot F_{b,Rd}) = 0.212$
Schraube 2: ....
Gesamt: max $U_i = 0.321$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 249.1$ kN

Fahnenblech mit Zug und Schub (Blockversagen):
Zug: $A_{nt} = t_p \cdot b_{net} = 7.56$ cm², $b_{net} = 63.0$ mm
Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 12.60$ cm², $h_{net} = 105.0$ mm
Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung:
Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 279.82$ kN, $f_u = 360.0$ N/mm², $f_y = 235.0$ N/mm²
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 279.8$ kN

Fahnenblech mit Biegung und Schub:
Nachweis am Nebenträger bei b' = 10.0 mm (einschl. Exzentrizitätsmoment)
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y/\gamma_{M0} / ((b'/W_{el})^2)^{1/2} = 1522.80$ kN
mit $W_{el} = 64.80$ cm³, $b' = 10.0$ mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y/\gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A' + h'/W_t)^2)^{1/2} = 75.39$ kN
mit $A' = 14.40$ cm², $W_t = 8.64$ cm³, $h' = 9.6$ mm
Nachweis in der ersten vertikalen Schraubenreihe (maßgebende Risslinie bei b' = 50.0 mm)
Querschnittswerte bei Lochabzug: $W_{el} = 51.33$ cm³, $A = 19.44$ cm²
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y/\gamma_{M0} / ((b'/W_{el})^2)^{1/2} = 241.26$ kN
mit $W_{el} = 51.33$ cm³, $b' = 50.0$ mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y/\gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A' + h'/W_t)^2)^{1/2} = 72.29$ kN
mit $A' = 12.96$ cm², $W_t = 8.64$ cm³, $h' = 9.6$ mm
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 1 \cdot \min(241.26, 75.39, 1522.80, 72.29) = 72.3$ kN

Trägersteg mit Lochleibung: analog Fahnenblech
Gesamt: max $U_i = 0.359$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = V_{1,Ed} / \max U_i = 223.0$ kN

Querkrafttragfähigkeit: min $V_{Rd,F} = V_{Rd,4} = 72.3$ kN

4.1.7 Nachweis des Winkelanschlusses

Der Momentennullpunkt (Gelenk, rot gekennzeichnet) wird Höhe der Nebenträgerachse in der Kontaktebene Winkelschenkel / Hauptträger angenommen. Hier wirken die eingegebenen Schnittgrößen.

Der Drehpunkt (blau gekennzeichnet) liegt in Höhe des Schwerpunkts des HT-Schraubenbildes am Hauptträger.

Der Nachweis wird getrennt für den Anschluss am Hauptträger und am Nebenträger geführt.

Der Winkelschenkel am Hauptträger verhält sich wie das Stirnblech (s.o.).

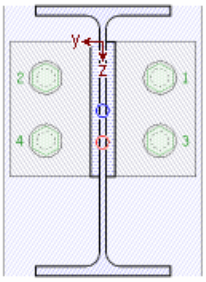
Der Winkelschenkel am Nebenträger kann entweder geschraubt oder geschweißt ausgeführt werden. Wird der Winkelschenkel angeschraubt, verhält er sich wie das Fahnenblech (s.o.).

Winkelschenkel am Hauptträger

Am Hauptträger können beliebig viele Schraubenreihen mit einer Schraube je Reihe je Winkel angeordnet werden. Bei symmetrisch angeordneten Winkeln kann durch Kontaktpressung die Schraubenbelastung reduziert werden.

Es ergibt sich je Winkel bei drei Schraubenreihen folgender Punktequerschnitt

Kontaktpressung
Abmessungen der Kontaktfläche b_D = 10.8 mm, h_D = 10.1 mm, $A_D = b_D \cdot h_D$ = 1.10 cm²
mit $b_D = t_2 + t_1/\tan(\alpha) + r\cdot(1-1/\sin(\alpha)+1/\tan(\alpha)) - s$ = 10.85 mm (α = 60°)
Druckkraft in der Kontaktfläche $D = \Sigma T_{y,i}$ = 6.43+19.30 = 25.73 kN
Kontrolle: $D / (A_D \cdot f_{yd})$ = 25.73 / (1.10·23.5) = 0.999 < 1 **ok** ⇒ Kontaktpressung vorhanden



Berechnung des Punktequerschnitts:
Querschnittsfläche bzgl. Kontaktpunkt $A' = n_x \cdot n_z$ = 2,
polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma y_i^2 + \Sigma z_i^2$ = 122.36 cm²
Schwerpunktskoordinaten bzgl. Kontaktpunkt y_s' = 63.5 mm, z_s' = 75.0 mm
Schnittgrößen im Schwerpunkt V_y' = 0.0 kN, V_z' = 37.5 kN, M_x' = -2.25 kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i$, $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$
Schraube 1: $T_{y,1}$ = 6.43 kN $T_{z,1}$ = 18.75 kN T_1 = 19.82 kN
Schraube 2: $T_{y,2}$ = 19.30 kN $T_{z,2}$ = 18.75 kN T_2 = 26.91 kN

Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:
Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: α_v = 0.6, A = 3.14 cm²
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2}$ = 60.32 kN, f_{ub} = 400.0 N/mm²
Schraube 1: $U_1 = T_1 / F_{v,Rd}$ = 0.329
Schraube 2: $U_2 = T_2 / F_{v,Rd}$ = 0.446
Gesamt: max U_i = 0.446
für Abscheren mit Zug: U_v = max U_i = 0.446
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed}$ / max U_i = 168.1 kN

Winkelschenkel 2 mit Lochleibung:
Schraube 1:
Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2}$ = 87.27 kN, k_1 = 2.50, α_b = 0.61
vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / F_{b,Rd}$ = 0.215
Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2}$ = 87.27 kN, k_1 = 2.50, α_b = 0.61
horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / F_{b,Rd}$ = 0.074
Schraube 2: ....
Gesamt: max U_i = 0.173
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = V_{1,Ed}$ / max U_i = 433.2 kN

Winkelschenkel 2 mit Schub:
Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0})$ = 203.52 kN mit $A_v = h \cdot t$ = 15.00 cm², h = 150.0 mm
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot V_{Rd}$ = 407.0 kN

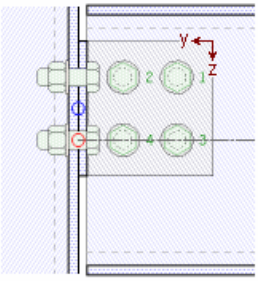
Querkrafttragfähigkeit: min $V_{Rd,a2} = V_{Rd,1}$ = 168.1 kN

Winkelschenkel am Nebenträger (geschraubt)

Es ergibt sich je Winkel bei 2 x 3 Schraubenreihen folgender Punktequerschnitt

Berechnung des Punktequerschnitts:
Schwerpunktskoordinaten $y_s' = 70.0$ mm, $z_s' = 75.0$ mm
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 4$,
polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma y_i'^2 + \Sigma z_i'^2 = 85.00$ cm²
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = -0.0$ kN, $V_z' = 75.0$ kN, $M_x' = 6.00$ kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i'$, $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i'$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$

Punkt 1:	$T_{y,1} = 24.71$ kN	$T_{z,1} = -2.43$ kN	$T_1 = 24.82$ kN
Punkt 2:	$T_{y,2} = 24.71$ kN	$T_{z,2} = 39.93$ kN	$T_2 = 46.95$ kN
Punkt 3:	$T_{y,3} = -24.71$ kN	$T_{z,3} = -2.43$ kN	$T_3 = 24.82$ kN
Punkt 4:	$T_{y,4} = -24.71$ kN	$T_{z,4} = 39.93$ kN	$T_4 = 46.95$ kN



Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:
Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 3.14$ cm²
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32$ kN, $f_{ub} = 400.0$ N/mm²
Schraube 1: $U_1 = T_1 / (2 \cdot F_{v,Rd}) = 0.206$
Schraube 2: ....
Gesamt: max $U_i = 0.389$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 192.7$ kN

Winkelschenkel 1 mit Lochleibung:
Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 73.94$ kN, $k_1 = 2.12$, $\alpha_b = 0.61$
vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / (2 \cdot F_{b,Rd}) = 0.016$
Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 87.27$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.61$
horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / (2 \cdot F_{b,Rd}) = 0.142$
Schraube 2: ....
Gesamt: max $U_i = 0.270$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 277.8$ kN

Winkelschenkel 1 mit Zug und Schub (Blockversagen):
Zug: $A_{nt} = t_p \cdot b_{net} = 6.70$ cm², $b_{net} = 67.0$ mm
Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 7.70$ cm², $h_{net} = 77.0$ mm
Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung:
Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 200.95$ kN, $f_u = 360.0$ N/mm², $f_y = 235.0$ N/mm²
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 2 \cdot V_{eff,Rd} = 401.9$ kN

Winkelschenkel 1 mit Biegung und Schub:
Nachweis am Nebenträger bei b' = 10.0 mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y/\gamma_{M0} / ((b'/W_{el})^2)^{1/2} = 881.25$ kN
mit $W_{el} = 37.50$ cm³, $b' = 10.0$ mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y/\gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 135.68$ kN
mit $A' = 10.00$ cm²
Nachweis in der ersten vertikalen Schraubenreihe (maßgebende Risslinie bei b' = 50.0 mm)
Querschnittswerte bei Lochabzug: $W_{el} = 30.71$ cm³, $A = 12.80$ cm²
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y/\gamma_{M0} / ((b'/W_{el})^2)^{1/2} = 144.33$ kN
mit $W_{el} = 30.71$ cm³, $b' = 50.0$ mm
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y/\gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 115.78$ kN
mit $A' = 8.53$ cm²
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot \min(144.33, 135.68, 881.25, 115.78) = 231.6$ kN

Trägersteg mit Lochleibung: analog Winkelschenkel 1
Gesamt: max $U_i = 0.569$
Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = V_{1,Ed} / \max U_i = 131.9$ kN

Querkrafttragfähigkeit: min $V_{Rd,a1} = V_{Rd,5} = 131.9$ kN

Winkelschenkel am Nebenträger (geschweißt)

Der Vorteil, den Winkelschenkel 1 am Nebenträger anzuschweißen statt anzuschrauben, liegt darin, dass dadurch der Schenkel als Stegverstärkung (Stegblech) wirken kann. Dies ist besonders bei ausgeklinkten Trägern mit schwachem Steg sinnvoll.

Der Winkelschenkel muss allerdings die Bedingungen, die an eine Stegverstärkung gestellt werden, erfüllen. Diese sind vor allen Dingen, dass

- der Winkelschenkel einschließlich Schweißnähte die gesamte Steghöhe des Nebenträgerprofils bis zur Ausrundung bzw. Ausklinkung bedeckt, d.h.

  $b_a \geq d_w - 2 \cdot a_w$
- die Länge des Winkelschenkels den Steg im gesamten Bereich der Ausklinkung verstärkt, d.h.

  $l_1 > s + \max\{a_o; a_u\} + r_b$
- die Dicke des Winkelschenkels mindestens der Stegdicke des Profils entspricht, d.h.

  $t_1 \geq t_w$

Des Weiteren sind aus konstruktiven Gründen folgende Bedingungen einzuhalten

- Stirnnaht $a_{w,s} \leq t_w / 2$ des Nebenträgerprofils
- Abstand $s \geq t_w / 2$ ... und ... $s \geq \sqrt{2} \cdot a_{w,s}$ ... und ... $s \leq t_2$

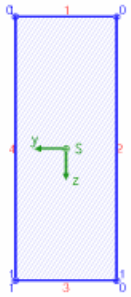
Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit beschränkt sich auf den Nachweis der Schweißnähte. Bei Ausklinkungen ist die Schweißnaht nur wirksam im nicht geschwächten Bereich, d.h. die Nahtlänge oberhalb und unterhalb des Winkelschenkels ergibt sich zu

$$l_{eff} = l_1 - s - \max\{a_o; a_u\} - r_b$$

Unterschreitet die Nahtlänge den nach Norm vorgeschriebenen Grenzwert, erfolgt eine Fehlermeldung und der Nachweis wird nicht geführt.

Im Folgenden wird der Schweißnahtnachweis exemplarisch dargestellt

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1: $a_w = 5.0$ mm $l_w = 90.0$ mm
Naht 2: $a_w = 5.0$ mm $l_w = 234.5$ mm
Naht 3: $a_w = 5.0$ mm $l_w = 90.0$ mm
Naht 4: $a_w = 3.0$ mm $l_w = 234.5$ mm (Stirnschweißnaht)

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:
$V_{z,Ed} = 37.50$ kN
Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:
$\Sigma A_w = 27.76$ cm², $A_{w,y} = 9.00$ cm², $A_{w,z} = 18.76$ cm², $\Sigma l_w = 64.9$ cm
$I_{w,y} = 2096.05$ cm⁴, $I_{w,z} = 424.53$ cm⁴, $W_{w,t} = 126.61$ cm³, $\Delta y_w = -7.6$ mm, $\Delta z_w = 0.0$ mm
aus konventioneller Querkraftaufteilung: $V_{z,w} = 37.50$ kN
Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

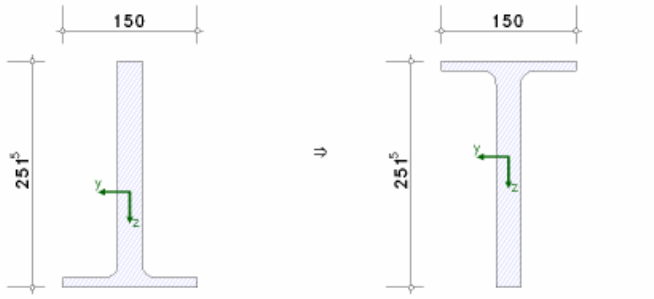
Naht 2,	Pkt. 0:	$\tau_{w,z} = 19.99$ N/mm²	$\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$	ok
	Pkt. 1:	$\tau_{w,z} = 19.99$ N/mm²	$\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$	ok
Naht 4,	Pkt. 0:	$\tau_{w,z} = 19.99$ N/mm²	$\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$	ok
	Pkt. 1:	$\tau_{w,z} = 19.99$ N/mm²	$\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$	ok

Ergebnis:
Naht 2, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 19.99$ N/mm²
Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 3.46$ kN/cm² < $f_{1w,d} = 36.00$ kN/cm² $\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$ ok

Querschnittsnachweis im Bereich einer Ausklinkung mit Stegverstärkung

Die Verstärkung wird beim Querschnittsnachweis durch eine Vergrößerung der Stegdicke des Trägerprofils berücksichtigt. Der Nachweis wird hier geführt für Schnitt II-II (s.o.)

Stegverstärkung durch angeschweißte Winkelschenkel t_1 = 27.1 mm
Nachweis bei Δx = 104.3 mm (bez. auf die HT-Achse) mit Ausklinkung



$M_{Ed} = M_{1,Ed} + V_{1,Ed} \cdot \Delta x$ = -7.50 kNm, Δx = 104.3 mm
Profilquerschnitt an der y-Achse gespiegelt ⇒
Schnittgrößen bezogen auf den Schwerpunkt
elastischer Querschnittsnachweis für M_y = 7.50 kNm, V_z = 75.00 kN
elastische Spannungen: max σ_x = 2.10 kN/cm², min σ_x = -1.54 kN/cm², max τ = 1.05 kN/cm², max σ_v = 2.63 kN/cm²

max σ_x	bei y = 0.0 mm, z = 145.2 mm:	σ_x = 2.10 kN/cm², τ = -0.00 kN/cm², σ_v = 2.10 kN/cm²
min σ_x	bei y = 75.0 mm, z = -106.3 mm:	σ_x = -1.54 kN/cm², τ = 0.00 kN/cm², σ_v = 1.54 kN/cm²
max τ	bei y = 0.0 mm, z = -100.9 mm:	σ_x = -1.46 kN/cm², τ = 1.05 kN/cm², σ_v = 2.33 kN/cm²
max σ_v	bei y = 0.0 mm, z = -2.5 mm:	σ_x = -0.04 kN/cm², τ = -1.52 kN/cm², σ_v = 2.63 kN/cm²

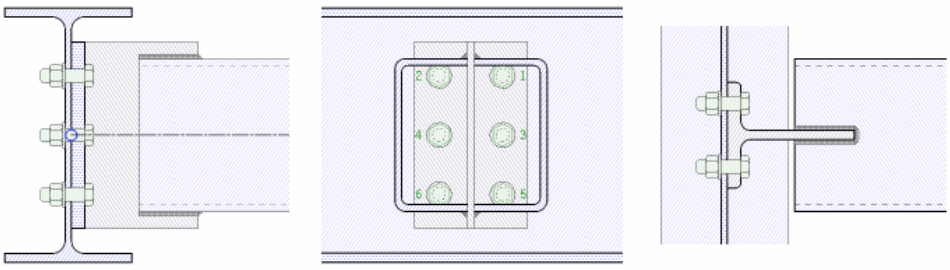
zul. Vergleichsspannung: zul σ_v = 23.50 kN/cm²
Nachweis: σ_v = 2.63 kN/cm < zul σ_v = 23.50 kN/cm ⇒ $U_{\sigma v}$ = 0.112 < 1 **ok.**
Ausnutzungen: Tragfähigkeit U_σ = 0.112 < 1 **ok.**

Der Querschnittsnachweis im Schnitt III-III (ohne Ausklinkung) wird grundsätzlich ohne Verstärkung geführt.

'Winkel'-Anschluss eines Hohlprofils

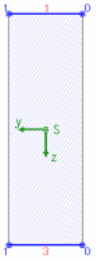
Der Anschluss eines Hohlprofils erfolgt nicht über zwei Winkel, sondern über ein T-Profil. Das Hohlprofil wird vertikal geschlitzt, auf den Steg des T-Profils geschoben und mit ihm verschweißt.

Die Schweißnähte zwischen Hohlprofil und Steg werden nachgewiesen.



Im Folgenden wird der Schweißnahtnachweis exemplarisch dargestellt.

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1: $a_w = 4.0$ mm $l_w = 70.0$ mm
Naht 3: $a_w = 4.0$ mm $l_w = 70.0$ mm

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:
$V_{z,Ed} = 75.00$ kN
Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:
$\Sigma A_w = 5.60$ cm², $\Sigma l_w = 14.0$ cm
$I_{w,y} = 677.60$ cm⁴, $I_{w,z} = 22.87$ cm⁴, $\Delta y_w = 0.0$ mm, $\Delta z_w = 0.0$ mm
Schnittgrößenverteilung:
Naht 1: $V_{z,w} = 37.50$ kN
Naht 3: $V_{z,w} = 37.50$ kN
Nachweise in den Endpunkten der Nähte:
Naht 1, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93$ N/mm² $\Rightarrow U_w = 0.644 < 1$ ok
Pkt. 1: $\tau_{w,z} = 133.93$ N/mm² $\Rightarrow U_w = 0.644 < 1$ ok
Naht 3, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93$ N/mm² $\Rightarrow U_w = 0.644 < 1$ ok
Pkt. 1: $\tau_{w,z} = 133.93$ N/mm² $\Rightarrow U_w = 0.644 < 1$ ok
Ergebnis:
Naht 1, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93$ N/mm²
Max: $F_{w,Ed} = 5.36$ kN/cm $< F_{w,Rd} = 8.31$ kN/cm $\Rightarrow U_w = 0.644 < 1$ ok

Das Blech im Schweißnahtnachweis entspricht dem Steg des T-Profils, die Nähte oben und unten verbinden den Steg mit dem Hohlprofil. Es wird nur eine Seite betrachtet, d.h. die Bemessungsgröße ist die halbe Gelenkschnittgröße.

4.2 Nachweise DIN 18800

4.2.1 Allgemeines

Die Bemessung gelenkiger Trägeranschlüsse n. DIN 18800 kann eingesetzt werden zur Berechnung von

- geschweißten Winkelanschlüssen
- geschraubten Winkelanschlüssen
- Stirnplattenanschlüssen
- Fahnenblechanschlüssen

4.2.2 Einschränkungen

- es werden nur einseitige Anschlüsse (rechts) nachgewiesen
- es wird nur der Anschluss an einen Trägersteg nachgewiesen
- bei Ausklinkungen werden Bohrungen bzw. Ausrundungen mit einem Durchmesser von 17 mm angenommen
- beim Fahnenblechanschluss werden Ausklinkungen nicht berücksichtigt
- eine einzelne untere Ausklinkung wird nicht berücksichtigt
- obere und untere Ausklinkung müssen gleich sein

Jede Anschlussart hat Vor- und Nachteile. Der Fahnenblechanschluss z.B. lässt sich kostengünstig herstellen und ermöglicht eine einfache Montage. Mit diesem Anschluss können aber nicht so große Kräfte abgetragen werden wie mit dem geschweißten Winkelanschluss oder mit dem Stirnplattenanschluss.

Der geschweißte Winkelanschluss wiederum gestattet den Abtrag hoher Lasten, ist aber aufgrund der erforderlichen Schweißarbeiten in der Herstellung aufwendiger.

4.2.3 Fahnenblechanschluss

Hauptträger-Querträger-Anschlüsse mit am Steg des Hauptträgers angeschweißten Anschlussblechen, sog. Fahnenblechen, ermöglichen eine einfache und damit kostengünstige Montage der Querträger.

Diese Anschlussart ist auch unter der Bezeichnung *Trägeranschluss nach Hotz* bekannt. Es können hiermit besonders wirtschaftliche Anschlüsse hergestellt werden, weil bei oberkantenbündigen Trägern auf das lohnkostenintensive Ausklinken der Querträger verzichtet werden kann.

Nachweise

- Nachweis der Lochleibungsdrücke im Fahnenblech und im Steg des Querträgers
- ... der Schrauben auf Abscheren
- ... der Kehlnaht Fahnenblech/Hauptträgersteg
- Spannungsnachweise für den Nettoquerschnitt des Fahnenblechs

Als Schnittgrößen sind die Querkraft V_d und ein Versatzmoment M_d zu berücksichtigen. Das Versatzmoment errechnet sich aus der Querkraft und dem Abstand zum untersuchten Schnitt im Fahnenblech.

Besonders zu beachten ist bei Fahnenblechanschlüssen die Möglichkeit des Biegedrillknickversagens. Wegen der geringen Seitensteifigkeit des Fahnenblechs bietet dieser Anschluss keine Gabellagerung im Sinne der DIN 18800, Teil 2, für den Querträger. Es muss durch konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass kein Biegedrillknickversagen auftritt. Dies kann z.B. durch Aussteifung der Querträger mit Trapezblechen geschehen.

Das vorliegende Programm setzt voraus, dass Biegedrillknickversagen nicht auftreten kann.

4.2.4 Stirnblechanschluss

Beim Stirnblechanschluss wird eine Stahlplatte an den Steg des Querträgers angeschweißt. Diese Stirnplatte wird dann auf der Baustelle an den Steg des Hauptträgers angeschraubt.

In Abhängigkeit von den Trägerhöhen kann der Stirnplattenanschluss mit oder ohne Ausklinkung ausgeführt werden.

Nachweise

- Nachweis der Ausklinkung
  Für den maßgebenden Schnitt am Ende der Ausklinkung werden Biege-, Schub- und Vergleichsspannungsnachweis für den Restquerschnitt geführt. Das Programm weist aus, welcher Nachweis maßgebend wurde. Bei kurzen Ausklinkungen wird i.d.R. der Schubspannungsnachweis maßgebend, bei längeren der Nachweis der Biege- oder Vergleichsspannungen.
- Nachweis Schweißnaht
  Die Schweißnaht Trägersteg/Stirnplatte ist für die auftretende Querkraft nachzuweisen.
- Nachweis der Schrauben
  Die Schrauben werden auf Abscheren nachgewiesen. Außerdem wird der Lochleibungsdruck in der Stirnplatte und im Steg des Hauptträgers überprüft.

4.2.5 geschraubter Winkelanschluss

Beim geschraubten Winkelanschluss wird der Querträger durch ein aufgeschraubtes Winkelpaar mit dem Hauptträger verbunden. In Abhängigkeit von den Trägerhöhen kann der Anschluss mit oder ohne Ausklinkung ausgeführt werden.

Nachweise

- Nachweis der Ausklinkung
  Für den maßgebenden Schnitt werden Biege-, Schub- und Vergleichsspannungsnachweis geführt. Hierzu werden Schnitte in den Schraubenreihen und am Ende der Ausklinkung geführt. Das Programm weist aus, welcher Nachweis maßgebend wurde.
- Nachweis der Schrauben im Querträger
  Für die maximal auftretende Schraubenkraft wird der Nachweis auf Abscheren (zweischnittig) geführt. Weiterhin werden die Lochleibungsdrücke im Steg des Querträgers und in den Winkeln überprüft.
- Nachweis der Schrauben im Hauptträger
  Für die maximal auftretende Schraubenkraft wird der Nachweis auf Abscheren (einschnittig) geführt. Weiterhin werden die Lochleibungsdrücke im Steg des Hauptträgers und in den Winkeln überprüft. In einem weiteren Nachweis wird die Kontaktpressung zwischen den Winkelschenkeln und dem Stegende des Querträgers überprüft. Die Pressung entsteht aufgrund der seitlichen Exzentrizität der Schrauben in den kurzen Winkelschenkeln.

4.2.6 geschweißter Winkelanschluss

Beim geschweißten Winkelanschluss wird ein Winkelpaar mit den langen Winkelschenkeln beidseitig an den Steg des Querträgers angeschweißt. Die kurzen Schenkel der Winkel werden auf der Baustelle an den Steg des Hauptträgers angeschraubt.

Der Vorteil dieser Anschlussart ist, dass der Steg des Querträgers durch das Anschweißen der Winkelschenkel verstärkt wird. Eine Stegverstärkung ist wünschenswert, da der Querträger oft durch Ausklinkungen geschwächt ist. Mit Hilfe der Winkel kann der Traglastverlust des Querträgers infolge der Ausklinkungen kompensiert werden.

Es können mit dieser Anschlussart also wesentlich größere Querkräfte übertragen werden als mit den üblichen Stirnplatten- und geschraubten Winkelanschlüssen.

Nachweise

- Nachweis der Ausklinkung
  Für den maßgebenden Schnitt am Ende der Ausklinkung werden Biege-, Schub- und Vergleichsspannungsnachweis für den Restquerschnitt geführt. Das Programm weist aus, welcher Nachweis maßgebend wurde. Bei kurzen Ausklinkungen wird i.d.R. der Schubspannungsnachweis maßgebend, bei längeren der Nachweis der Biege- oder Vergleichsspannungen. Häufig wird nur ein Teil der Belastung über den ausgeklinkten Trä-

ger abgetragen werden können. Der Rest der Belastung muss dann über die aufgeschweißten Winkelschenkel weitergeleitet werden.

- Nachweis der Schweißnaht Querträgersteg / Winkelschenkel

  Der unter Punkt 1 berechnete Teil der Last, der vom ausgeklinkten Träger übertragen wird, muss über eine Stirnschweißnaht vom Querträger in die Winkel übertragen werden. Die Stirnschweißnaht ist für diesen Lastanteil zu dimensionieren. Es ist zu beachten, dass die Stirnschweißnaht nur dann gelegt werden kann, wenn die kurzen Winkelschenkel nicht zu weit über das Ende des Querträgerstegs hinausragen. Im Programm wird festgelegt, dass die Stirnschweißnaht nur dann schweißbar ist, wenn die Winkelschenkel maximal um ihre Dicke über das Ende des Trägerstegs hinausragen.

- Nachweis der Schweißnaht Querträgersteg / Winkelschenkel (Kehlnaht)

  Die Last, die vom ausgeklinkten Träger nicht abgetragen werden kann, muss über die aufgeschweißten Winkel abgeleitet werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Winkelschenkel nur dann als Verstärkung für den Trägersteg wirksam werden können, wenn diese über das Ende der Ausklinkung hinaus angeschweißt sind. Das bedeutet, von der Kehlnaht darf nur der Teil im Nachweis berücksichtigt werden, der außerhalb der Ausklinkung liegt. Die Kehlnaht muss für die Restquerkraft und das zugehörige Versatzmoment bemessen werden.

- Nachweis der Schrauben

  Die Querkraft muss über Schrauben von den Winkeln in den Steg des Hauptträgers übertragen werden. Es muss die maximal auftretende Schraubenkraft ermittelt werden und hierfür der Nachweis auf Abscheren sowie der Nachweis der Lochleibungsspannungen für den Winkelschenkel und den Steg des Hauptträgers geführt werden. Wenn ein beidseitiger Anschluss vorliegt, müssen für den Nachweis der Lochleibungsspannungen im Hauptträger die Schraubenkräfte der beiden Querträger aufsummiert werden.

5 Grundkomponenten

5.1 Stützenflansch mit Biegebeanspruchung

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

5.1.1 Anwendungsvoraussetzung

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

5.1.2 Tragfähigkeit einer geschweißten Verbindung

Die Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenflanschs ergibt sich zu

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

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

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

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 $F = b_p \cdot t_p \cdot f_{y,p} / \gamma_{M0}$

5.1.3 Tragfähigkeit einer geschraubten Verbindung

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

Das Modell des T-Stummelflanschs 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. 6.3, S. 62.

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.

Annahme: Die Breite des Stützenflanschs ist geringer als die Breite des Anschlussblechs (Stirnblech oder Flanschwinkel), d.h. der Achsabstand der außen liegenden Schrauben vom seitlichen Rand des Stützenflanschs e_{2s} entspricht e_{min}.

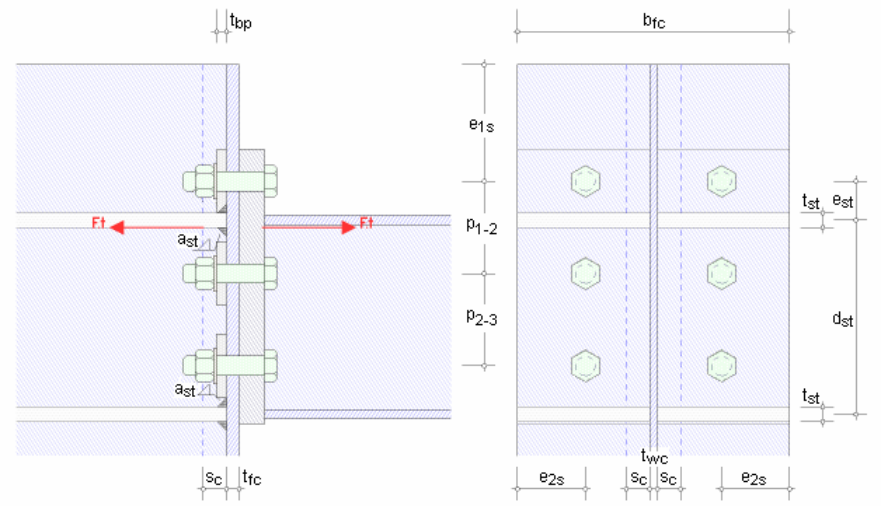
Anschließend wird die Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs für jede einzelne Schraubenreihe sowie für eine Gruppe von Schraubenreihen bestimmt und die zugehörige wirksame Länge protokolliert. Die wirksame Länge aus Grundkomponente 4 kann auch in Grundkomponente 3, *Stützensteg mit Querzugbeanspruchung*, eingehen.

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

5.1.4 Verstärkungen des Stützenstegs

Quersteifen

Am Stützenflansch angeschweißte Quersteifen erhöhen die Biegetragfähigkeit der Verbindung. Dabei wird bei zweiseitigen Träger-Stützenanschlüssen angenommen, dass beide Träger etwa die gleiche Höhe besitzen. Bei geschweißten Anschlüssen sollten die Quersteifen der Stütze in den Achsen der Trägerflansche liegen. Es werden maximal zwei Quersteifen betrachtet.



5.1.5 Schraubengruppe

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

Befindet sich die erste Schraubenreihe oberhalb der Steife (e_{st} > 0), wird diese Reihe nur einzeln betrachtet. Die Schraubenreihen zwischen den Quersteifen bilden dann eine Schraubengruppe. Befinden sich dagegen alle Schraubenreihen innerhalb der Quersteifen (e_{st} < 0), sind alle Schrauben in der Schraubengruppe vertreten.

5.2 Stirnblech mit Biegebeanspruchung

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

5.2.1 Anwendungsvoraussetzung

- geschraubte Verbindungen können bemessen werden

5.2.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines Stirnblechs wird mit Hilfe des äquivalenten ***T-Stummelflanschs*** ermittelt. Das Modell des T-Stummelflanschs 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.

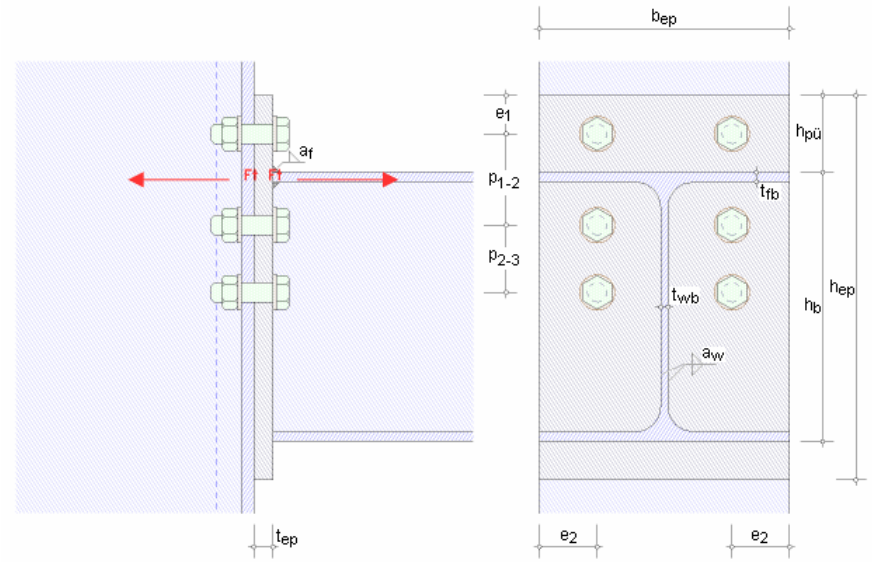
Eine allgemeine Beschreibung zur Berechnung des äquivalenten T-Stummels finden Sie in der *Beschreibung der Basisverbindungen,* Abs. 6.3, S. 62.

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.

Annahme: Die Breite des Stirnblechs ist geringer als die Breite oder gleich der Breite des Anschlussblechs (Stützenflansch), d.h. der Achsabstand der außen liegenden Schrauben vom seitlichen Rand des Stützenflanschs e_2 entspricht e_{min}.

Anschließend wird die Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs für jede einzelne Schraubenreihe sowie für eine Gruppe von Schraubenreihen bestimmt und die zugehörige wirksame Länge protokolliert. Die wirksame Länge aus Grundkomponente 5 kann auch in Grundkomponente 8, *Trägersteg mit Zugbeanspruchung*, eingehen.

5.2.3 Schraubengruppe



Die Trägerflansche gelten als Quersteifen der Stirnblechverbindung.

Wird ein Überstand des Stirnblechs über dem Trägerzugflansch angegeben, befindet sich die erste Schraubenreihe in dem Überstand; ansonsten werden alle Schraubenreihen zwischen Zug- und Druckflansch des Trägers angeordnet.

Befindet sich die erste Schraubenreihe oberhalb des Trägerzugflanschs, wird diese Reihe nur einzeln betrachtet. Die Schraubenreihen zwischen den Flanschen bilden dann eine Schraubengruppe.

Befinden sich dagegen alle Schraubenreihen innerhalb der Trägerflansche, sind alle Schrauben in der Schraubengruppe vertreten.

5.3 Schrauben mit Zugbeanspruchung

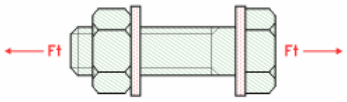
EC 3-1-8, 6.2.6.4 bis 6, Grundkomponente 10, bei Träger-Stützenverbindungen und Trägerstößen

5.3.1 Anwendungsgrenzen

Schrauben sind die Verbindungsmittel der Grundkomponenten 4 (*Stützenflansch mit Biegebeanspruchung*, Abs. 5.1, S. 51), 5 (*Stirnblech mit Biegebeanspruchung*, Abs. 5.2, S. 52) und 6 (*Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung*).

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

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 6.1, S. 55, zur Berechnung der Zugtragfähigkeit von Schrauben.



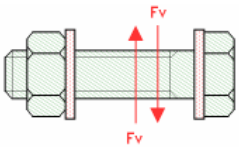
5.4 Schrauben mit Abscherbeanspruchung

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

5.4.1 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. 6.1, S. 55, zur Berechnung der Abschertragfähigkeit von Schrauben.



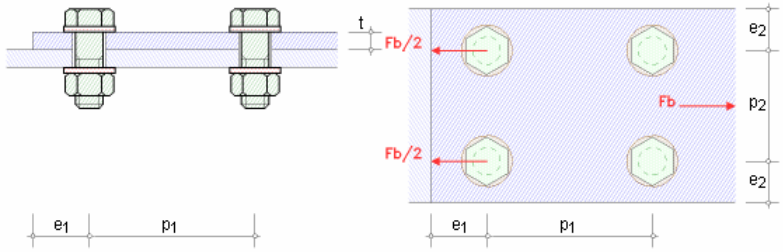
5.5 Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung

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

5.5.1 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. 6.1, S. 55, zur Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit von Schrauben.



6 Basisverbindungen

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

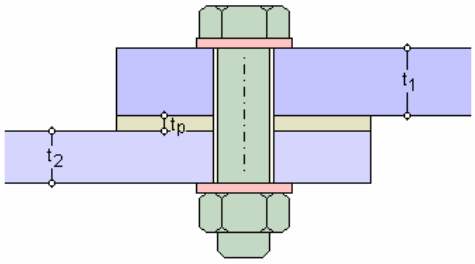
- Schrauben, Abs. 6.1, S. 55
- Schweißnähte, Abs. 6.2, S. 60
- T-Stummelflansch mit Zugbeanspruchung, Abs. 6.3, S. 62

Das Eurocode-Dokument enthält Parameter, die national veränderbar sind. Die im Programm verwendeten veränderbaren Parameter können im Nationalen Anhang (Abs. 8.3, S. 74) eingesehen und verändert werden.

6.1 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen

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

6.1.1 Schrauben



Zur Ermittlung der Tragfähigkeit sind Schraubenverbindungen in Kategorien einzuteilen.

Scherbeanspruchung

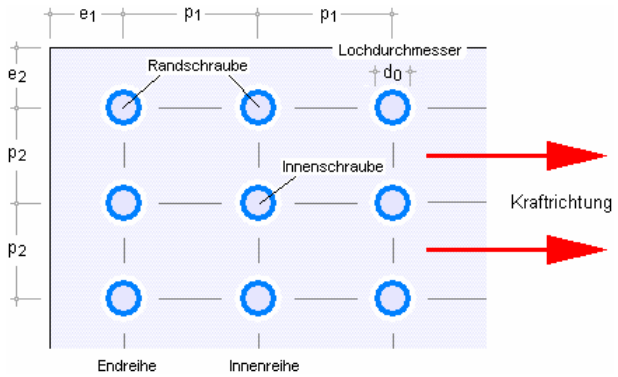
- Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
  - Bemessungswert der Schertragfähigkeit
  - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
- Kategorie B: Gleitfeste Verbindung (GZG) für hochfeste vorgespannte Schrauben
  - Bemessungswert des Gleitwiderstands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

Zugbeanspruchung

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

6.1.2 Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben

Die Schraubenabstände sind folgendermaßen definiert:



Abscheren je Scherfuge

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

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

Übertragen Schrauben Scherkräfte über Futterbleche, ist die Schertragfähigkeit abzumindern mit

$$\beta_p = \frac{9 \cdot d}{8 \cdot d + 3 \cdot t_p} \leq 1.0 \quad \text{(EC 3-1-8, 3.6.1(12))}$$

Lochleibung

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

Beiwert α_d in Kraftrichtung

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

Beiwert k_1 quer zur Kraftrichtung

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

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

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

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

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

Zug

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

Durchstanzen

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

Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug

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

Gleiten

im GZT

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

im GZG

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

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

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

$k_s = 0.85$ ..... übergroßen Löchern

$k_s = 0.85$ ..... kurzen Langlöchern $\perp$ Kraftrichtung

$k_s = 0.7$ ..... großen Langlöchern $\perp$ Kraftrichtung

$k_s = 0.76$ ..... kurzen Langlöchern $\parallel$ Kraftrichtung

$k_s = 0.63$ ..... großen Langlöchern $\parallel$ Kraftrichtung

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):

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

6.1.2.1 Rechenparameter Schrauben

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

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

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

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

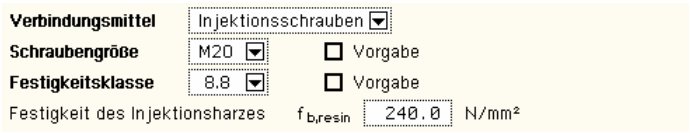
Bei normaler Schlüsselweite wird nur eine Unterlegscheibe, bei großer Schlüsselweite werden zwei Unterlegscheiben angeordnet.

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

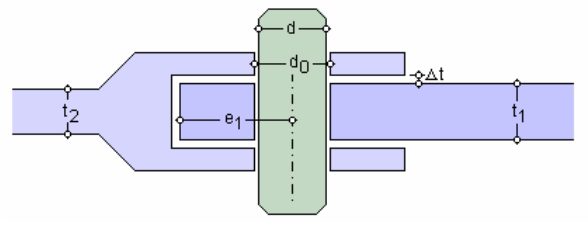
Wird die Schraube als ***Senkschraube*** verwendet, reduzieren sich infolge der um die Senkung Δs verringerten Blechdicke der Lochleibungswiderstand und die Zugtragfähigkeit.

Das Nennlochspiel bestimmt die Lochleibungstragfähigkeit und den Gleitwiderstand.

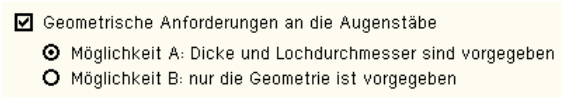
Im EC 3-1-8 werden die im Bild oben angegebenen Locharten unterschieden.



6.1.3 Bolzen

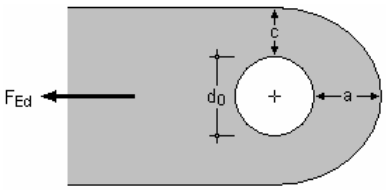


Die als Augenstäbe ausgeführten ***Anschlussbleche*** müssen zur sinnvollen Kraftübertragung geometrischen Anforderungen genügen, die bei Bedarf überprüft werden:



Möglichkeit A

Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 sind vorgegeben

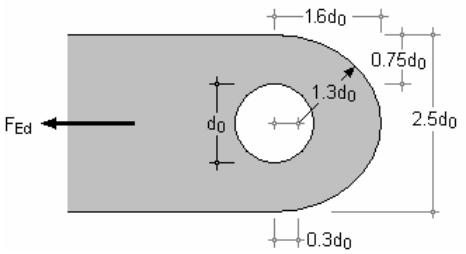


Die geometrischen Parameter a und c müssen dann folgenden Bedingungen genügen

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

Möglichkeit B

Die Geometrie des Augenstabs in Abhängigkeit vom Bolzenlochdurchmesser ist vorgegeben.



Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 müssen dann den folgenden Bedingungen genügen:

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

6.1.4 Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen

Lochspiel zw. den Anschlussblechen	Δt	3.0	mm
Abstand der Bolzenachse vom Zugrand	e_1	50.0	mm
zum seitl. 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

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

Ist der Bolzen austauschbar, muss außerdem gelten:

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

Biegung des Bolzens

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

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

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

Kombination von Abscheren und Biegung des Bolzens

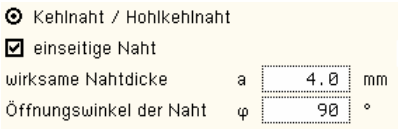
$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right]^2 \leq 1.0$$

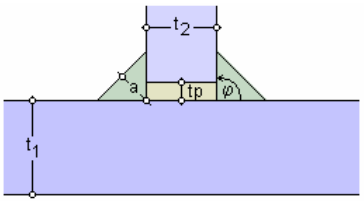
6.2 Tragfähigkeit von Schweißverbindungen

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.

6.2.1 Kehlnähte

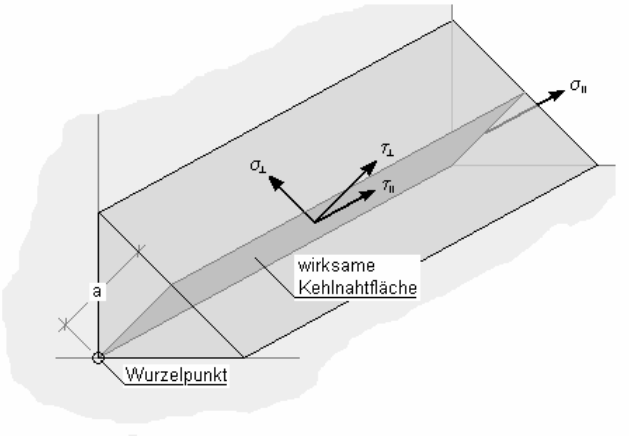




Die Tragfähigkeit von Kehlnähten kann mit Hilfe des richtungsbezogenen Verfahrens oder des vereinfachten Verfahrens ermittelt werden.

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

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

$\sigma_\parallel = 0$ Normalspannung parallel zur Schweißnahtachse

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

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

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

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

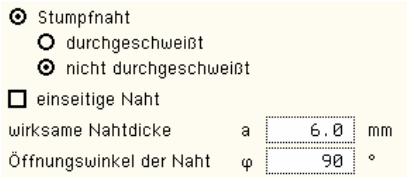
vereinfachtes Verfahren

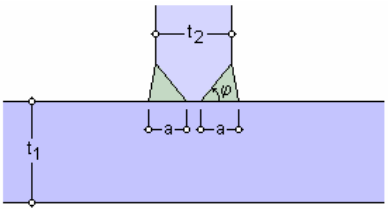
Die Resultierende aller auf die Kehlnaht einwirkenden Kräfte muss folgende Bedingung erfüllen:

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

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

6.2.2 Stumpfnähte





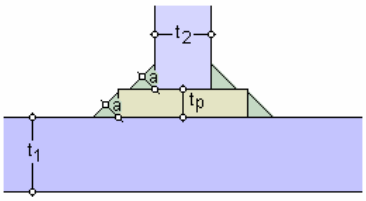
Stumpfnähte können durchgeschweißt oder nicht durchgeschweißt ausgeführt werden.

Eine durchgeschweißte Stumpfnaht 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 Stumpfnaht 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).

6.2.3 Anordnung von Futterblechen



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

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

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

6.3 Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung

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

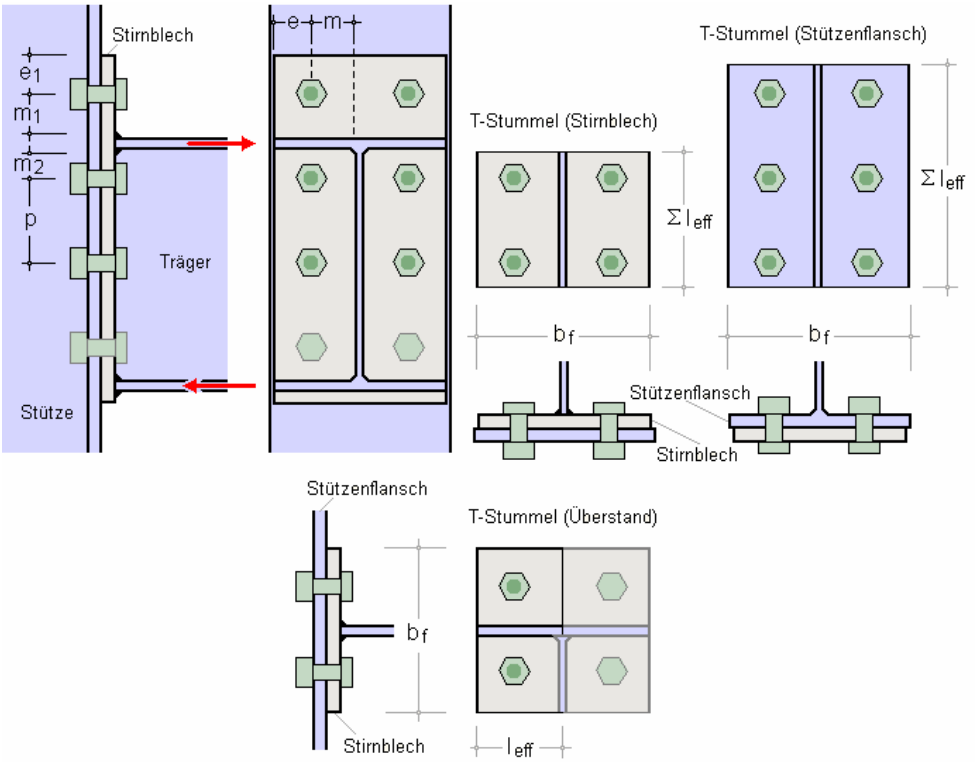
- Stützenflansch mit Biegebeanspruchung
- Stirnblech mit Biegebeanspruchung
- Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung
- Fußplatte mit Biegebeanspruchung infolge Zugbeanspruchung

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Versagensarten des Flanschs 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.

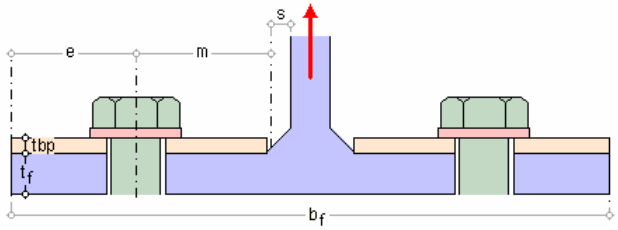
Für den überstehenden Teil des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels.

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-Stummelflanschs
- Dicke tbp der Flanschverstärkung (Futterblech)



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 $\Sigma\, l_{eff}$, 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.

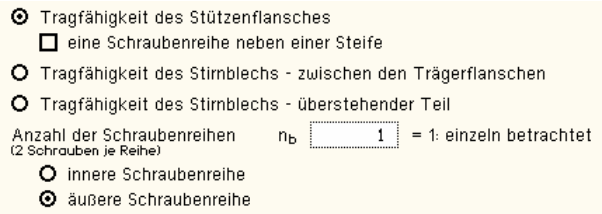
Obwohl die Kräfte in jeder Schraubenreihe gleich groß angenommen werden, ist außerdem zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kräfte in den verschiedenen Schraubenreihen auftreten können. Daher sind u.U. einzelne Schraubenreihen oder Gruppen von Schraubenreihen zu untersuchen.

6.3.1 Berechnung der wirksamen Längen

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

Die wirksamen Längen werden für die verschiedenen Versagensmodi unterschiedlich ermittelt.

Stützenflansch



Wird nur eine Schraubenreihe betrachtet, gilt

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

- Schraubenreihe als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen

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

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

  $l_{eff,nc} = p$

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

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

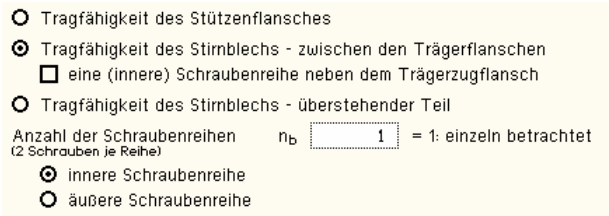
- äußere Schraubenreihe $l_{eff,cp} = \min(\pi \cdot m + p, 2 \cdot e_1 + p)$

  $l_{eff,nc} = \min(2 \cdot m + 0.625 \cdot e + 0.5 \cdot p, e_1 + 0.5 \cdot p)$

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

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

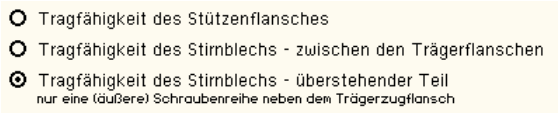
Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen



Für die Bemessung eines Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen gelten die Formeln des Stützenflanschs 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



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

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

6.3.2 Tragfähigkeit

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

$$L_b \leq L_b^* \quad \text{... mit ...} \quad L_b^* = \frac{8.8 \cdot m^3 \cdot A_s \cdot n_b}{\Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^3}$$

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

treten Abstützkräfte auf.

Wenn Abstützkräfte auftreten können, sind in EC 3-1-8, Tab. 6.2, zwei Verfahren zur Bestimmung der Zugtragfähigkeit eines T-Stummelflanschs 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 ..... $F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$
- Modus 3 ..... $F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$

Verfahren 2 (alternativ)

- Modus 1 ohne Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m + n)}$
- Modus 1 mit Futterplatten $F_{T,1,Rd} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m + n)}$
- 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)

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

Die Bemessungswerte der plastischen Momente sind

- Modus 1 $M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$
- Modus 2 $M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$
- Futterplatten $M_{bp,Rd} = \frac{0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{f,bp}^2 \cdot f_{y,bp}}{\gamma_{M0}}$

6.4 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.

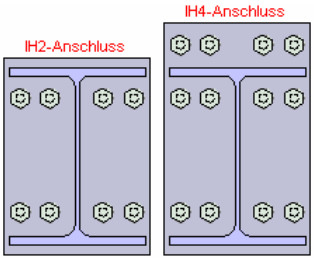
Diese Vorgehensweise ist im vorliegenden Programm für den geschraubten Trägerstoß mit Stirnblech umgesetzt; sie gilt ebenso für Stützenflansche, die aus Wirtschaftlichkeitsgründen stets auszusteifen sind.

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

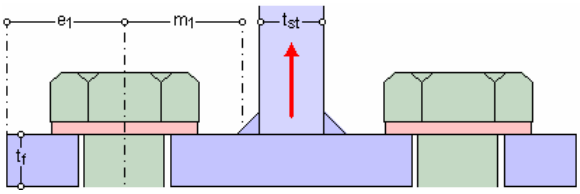
- IH2-Anschluss: Stirnblech ohne Überstand mit einer Schraubenreihe unter Zugbelastung
- IH4-Anschluss: Stirnblech mit Überstand mit zwei Schraubenreihen unter Zugbelastung (eine Reihe befindet sich im Überstand, die zweite Reihe unterhalb des Trägerflanschs)



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

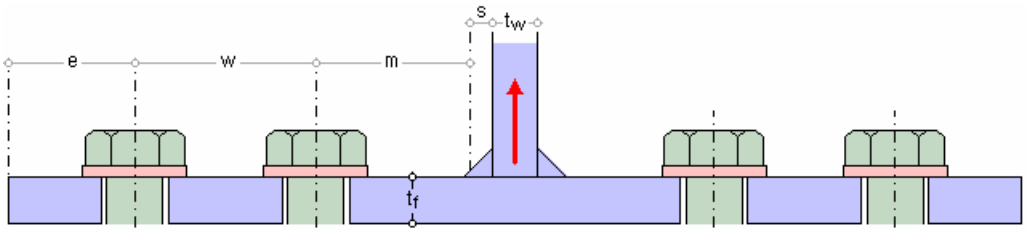
Für den **überstehenden Teil** des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels. Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des T-Stummels sind

- 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.

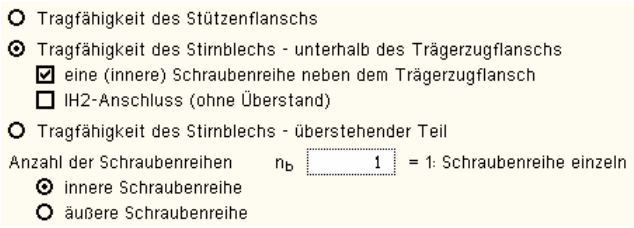
Obwohl die Kräfte in jeder Schraubenreihe gleich groß angenommen werden, ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kräfte in den verschiedenen Schraubenreihen auftreten können. Daher sind i.A. sowohl die einzelne Schraubenreihe als auch Gruppen von Schraubenreihen zu untersuchen.

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

6.4.1 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



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

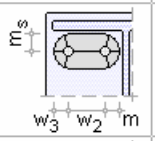
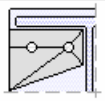
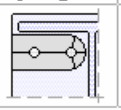
- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

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 $w_1 = b_p\text{-}2(w + e)$, $w_3 = e$, $w_2 = w$, $m_x = m_1$, $e_x = e_1$.

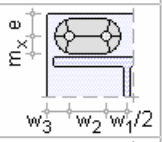
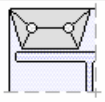
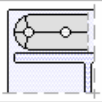
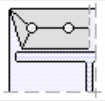
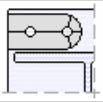
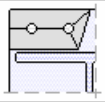
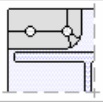
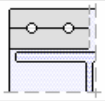
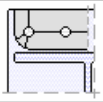
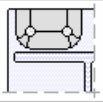
- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

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

6.4.2 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

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

..... $l_1 = l_2 = m_s$ ... $l_3 = w_2$ ... $l_4 = m$

in Stegrichtung $\delta_S = \dfrac{K_3 + K_4}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}$ ..... $\Rightarrow \delta_S = \sum_{i=3}^{4} 1/l_i^3 \Big/ \sum_{i=1}^{4} 1/l_i^3$

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

Innenschrauben $\rho_{Fi} = \dfrac{w_1 + w_2}{b_{st}}$

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

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-Stummelflanschs aufgeführt.

Verfahren 1

- Modus 1

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

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

$\leq \dfrac{2 \cdot (M_{pl,1,Rd} + M_{pl,1,st,Rd}) \cdot \delta_F}{m_s}$ ... bei IH2-Anschlüssen

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

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

- Modus 2

im Überstand $F_{T,2,Rd} = \dfrac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + 4 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_x}{m_x + n_x}$ ..... $n_x = e_x \leq 1.25 \cdot m_x$

in Flanschrichtung $F_{T,2,F,Rd} = \dfrac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot \delta_F \cdot \rho_{Fa} + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_s}{m_s + n_s}$ ..... $n_s = 1.25 \cdot m_s$

$M_{pl,2,Rd} = \min(M_{pl,2,Rd}; M_{pl,2,st,Rd})$ ... bei IH2-Anschlüssen

in Stegrichtung $F_{T,2,S,Rd} = \dfrac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot (\delta_F \cdot \rho_{Fi} + \delta_S) + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n}{m + n}$ ... $n = 1.25 \cdot m$

$\Rightarrow F_{T,2,Rd} = F_{T,2,F,Rd} + F_{T,2,S,Rd}$

- Modus 3

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

Verfahren 2 (alternativ)

- Modus 1

im Überstand $F_{T,1,Rd} = \dfrac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \dfrac{e'}{n_x}\right)}{m_x - \dfrac{(m_x + n_x) \cdot e'}{2 \cdot n_x}}$ ... $n_x = 1.25 \cdot m_x \leq e_x$ ..... $e' = \dfrac{d_0}{4} + \dfrac{d_s + d_e}{8}$

in Flanschrichtung $F_{T,1,F,Rd} = \dfrac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \dfrac{e'}{n_s}\right) \cdot \delta_F}{m_s - \dfrac{(m_s + n_s) \cdot e'}{2 \cdot n_s}}$ ... $n_s = 1.25 \cdot m_s$

in Stegrichtung $F_{T,1,S,Rd} = \dfrac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \dfrac{e'}{n}\right) \cdot \delta_S}{m - \dfrac{(m + n) \cdot e'}{2 \cdot n}}$ ... $n = 1.25 \cdot m$

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

- Modi 2 und 3 s. Verfahren 1

Die Bemessungswerte der plastischen Momente in beiden Verfahren sind

Modus 1 ..... $M_{pl,1,Rd} = \dfrac{0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2}$

Modus 2 ..... $M_{pl,2,Rd} = \dfrac{0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2}$

... sowie ... $M_{pl,2,st,Rd} = \dfrac{0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{st}^2 \cdot f_{y,st}}{2}$ ... bei IH2-Anschlüssen

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.

$\max F_{T,Rd} = (A_F + A_S) \cdot f_{y,st} / \gamma_{M0}$ ... mit ... $A_F = b_{st} \cdot t_{st}$

$A_S = l_{eff} \cdot \delta_S \cdot t_w$ ... im Überstand $A_S = 0$

7 Nachweis der Schweißnähte als Linienquerschnitt

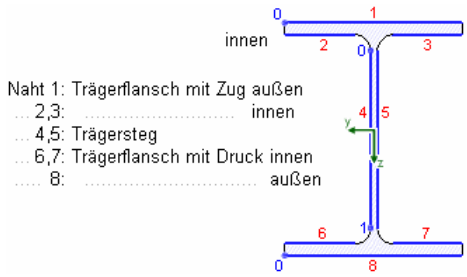
I.A. werden die Verbindungselemente (Träger und Stirnblech, Träger und Stütze) mit Kehlnähten verbunden, deren Schweißnaht konzentriert in der Wurzellinie angenommen wird.

Die Wurzellinien der Einzelnähte bilden den ***Linienquerschnitt*** (s. Lit. /18/) zur Aufnahme bzw. Weiterleitung der Schnittgrößen.

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

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

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



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

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

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:
ΣA_w = 94.98 cm², Σl_w = 128.1 cm
$I_{w,y}$ = 26428.86 cm⁴, Δz_w = -0.0 mm

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

Schnittgrößenverteilung auf die Einzelnähte:

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

Die Querkraftaufteilung erfolgt nach der *konventionellen Methode*, d.h. die Stegnähte übernehmen V_z.

Damit werden die Spannungen in den maßgebenden Nachweispunkten berechnet.

Spannungen in den Endpunkten der Einzelnähte:

Naht 1,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x}$ = 31.83 N/mm²	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x}$ = 31.83 N/mm²	
Naht 2,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x}$ = 28.97 N/mm²	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x}$ = 28.97 N/mm²	
Naht 4,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x}$ = 24.90 N/mm²	$\tau_{w,z}$ = 39.15 N/mm²
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x}$ = -19.96 N/mm²	$\tau_{w,z}$ = 39.15 N/mm²
Naht 6,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x}$ = -24.02 N/mm²	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x}$ = -24.02 N/mm²	
Naht 8,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x}$ = -26.88 N/mm²	
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x}$ = -26.88 N/mm²	

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

Nachweis für Naht 1, Pkt. 0:
Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche (α = 45°, $\sigma_w = \sigma_{w,x}$):
$\sigma_s = \sigma_w \cdot \cos(\alpha)$ = 22.5 N/mm²
$\tau_s = \sigma_w \cdot \sin(\alpha)$ = 22.5 N/mm²
$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot (\tau_s^2 + \tau_p^2))^{1/2}$ = 4.50 kN/cm²
Tragfähigkeit der Schweißnaht (Bed.1): $f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ = 36.00 kN/cm²
$\sigma_{1,w,Ed}$ = 4.50 kN/cm² < $f_{1,w,Rd}$ = 36.00 kN/cm² ⇒ Ausnutzung U = 0.125 < 1 **ok.**
$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_s$ = 2.25 kN/cm²
Tragfähigkeit der Schweißnaht (Bed.2): $f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ = 25.92 kN/cm²
$\sigma_{2,w,Ed}$ = 2.25 kN/cm² < $f_{2,w,Rd}$ = 25.92 kN/cm² ⇒ Ausnutzung U = 0.087 < 1 **ok.**

oder dem *vereinfachten Verfahren* bemessen.

Nachweis für Naht 1, Pkt. 0:
Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche (α = 45°):
$\sigma_{w,Ed} = \sigma_{w,x}^2$ = 31.8 N/mm²
resultierende Nahtkraft: $F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a$ = 2.55 kN/cm
Tragfähigkeit der Schweißnaht: $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$ = 16.63 kN/cm, a = 8.0 mm, $f_{vw,d}$ = 207.85 N/mm²
$F_{w,Ed}$ = 2.55 kN/cm < $F_{w,Rd}$ = 16.63 kN/cm ⇒ Ausnutzung U = 0.153 < 1 **ok.**

Da die Beschreibung der Schweißnahtnachweise nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung des Schweißnahtnachweises verwiesen (Abs. 6.2, S. 60).

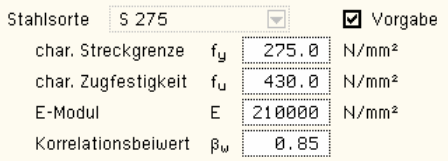
8 Allgemeines

8.1 Stahlsorten

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

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

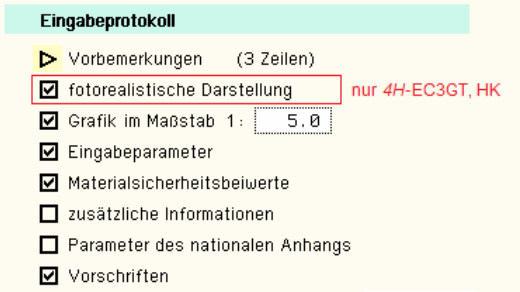
Natürlich können die zur Bemessung in diesem Programm verwendeten Parameter verändert und an geeignete Produktnormen angepasst werden.



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

8.2 Ausdrucksteuerung

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



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

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

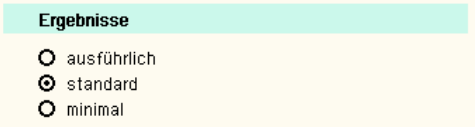
Anschließend werden die ***Eingabeparameter*** und die ***Materialsicherheitsbeiwerte*** bzw. ***Bemessungskräfte*** ausgedruckt.

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.

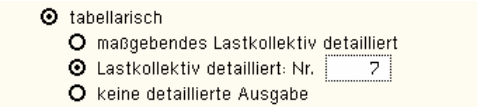
Zum Schluss kann eine Liste der verwendeten ***Vorschriften*** (Normen) abgedruckt werden.

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

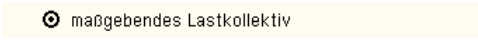
Bei einer großen Anzahl an Lastkombinationen ist es sinnvoll, die Ergebnisse in sehr kompakter Form tabellarisch auszugeben.



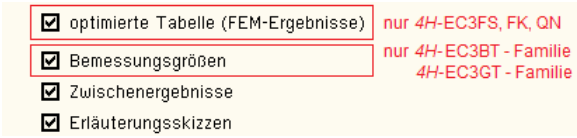
Optional kann das maßgebende Lastkollektiv, das zur maximalen Ausnutzung geführt hat, in der Standard-Form angefügt werden. Alternativ kann es sinnvoll sein, den Berechnungsablauf

eines frei wählbaren Lastkollektivs ausgeben zu lassen. Es kann auch ***keine detaillierte Ausgabe*** erfolgen.

Neben der tabellarischen Ausgabe kann auch nur das ***maßgebende Lastkollektiv*** protokolliert werden.



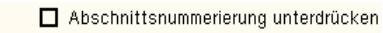
In den FE-Programmen 4H-EC3FS, freier Stirnplattenstoß, 4H-EC3FK, freier Knotenblechanschluss, und 4H-EC3QN, Querschnittsnachweis, können die ***FEM-Ergebnisse in einer optimierten Tabelle*** ausgegeben werden.



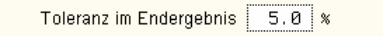
In den Programmen der 4H-EC3BT-Familie (4H-EC3BT, Biegesteifer Trägeranschluss, 4H-EC3RE, Rahmenecke, 4H-EC3TT, Thermische Trennschicht, 4H-EC3IH, Typisierter IH-Anschluss, 4H-EC3IM, Typisierter IM-Anschluss) und der 4H-EC3GT-Familie (4H-EC3GT, Gelenkiger Trägeranschluss, 4H-EC3IS, Typis. IS,IW,IG,IK-Anschluss) wird die Herleitung der Bemessungsgrößen protokolliert.

Um den Umfang des Berechnungsprotokolls zu reduzieren, kann die Ausgabe von ***Zwischenergebnissen*** und/oder ***Erläuterungsskizzen*** unterdrückt werden. Das Abschalten der Erläuterungsskizzen betrifft nicht die Ausgabe der Übersichtsgrafik (s.o.).

Das Statikdokument wird in strukturierter Form durchnummeriert, die auch mit dem pcae-eigenen Verwaltungsprogramm PROLOG korrespondiert. Optional kann die ***Abschnittsnummerierung unterdrückt*** werden.



Bei Ausgabe des Endergebnis' wird deutlich vermerkt, ob der der Nachweis erbracht wurde. Um geringfügige Ausnutzungsüberschreitungen abzufangen, kann ein ***Toleranzwert*** gesetzt werden.



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

8.3 Nationale Anhänge zu den Eurocodes

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

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

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

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

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

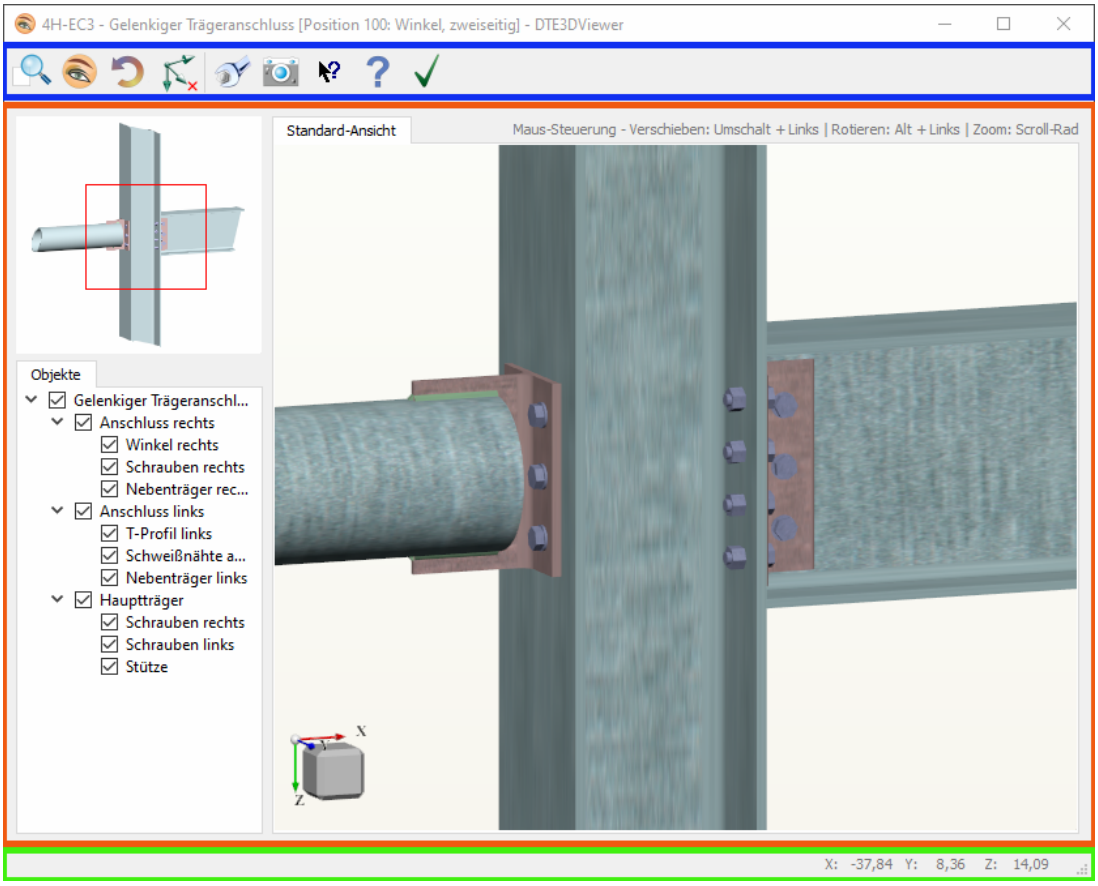
Die EC-Standardparameter (Empfehlungen ohne nationalen Bezug) wie auch die Parameter des deutschen nationalen Anhangs (NA-DE) sind grundsätzlich Teil der pcae-Software.

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

9 DTE®-3D-Viewer

3D-Ansichtswerkzeug zur visuellen Darstellung für die Überprüfung der Verbindung sowie zur Erstellung und Übernahme fotorealistischer Bilder in die Druckliste von 4H-EC3GT, Gelenkiger Trägeranschluss

Voraussetzung: Damit die dreidimensionalen Darstellungen der Ansicht einwandfrei angezeigt werden können, ist es erforderlich, dass der installierte Grafiktreiber mindestens OpenGL Version 4.0 unterstützt. Sollte dies nicht der Fall sein, kann eine Aktualisierung des Grafiktreibers helfen. Hierfür ist der Hersteller zu Rate zu ziehen.



Hier werden die einzelnen Bereiche des Hauptfensters, das sich nach Start der Anwendung zeigt, in Kurzform beschrieben.

- die Werkzeugleiste (blau umrahmt) (s. Abs. 9.1, S. 76) enthält Aktionen und Schnelleinstellungen bzgl. des aktuellen Dokuments bzw. der Ansicht.
- die Dokumentenansicht (orange umrahmt) (s. Abs. 9.2, S. 77) enthält eine Liste der geöffneten Dokumente und der so erzeugten Ansichten. Für gewöhnlich enthält sie die Standardansicht (s. S. 77), in der die erzeugten 3D-Objekte betrachtet und in ihrer Darstellung manipuliert werden können.

  Weiterhin enthält sie eine Seitenleiste (s. Abs. 9.3, S. 79) mit ggf. einer Übersicht (s. S. 79) und den Baumansichten (s. S. 80), die in ihrer einfachsten Form die Hierarchie der erzeugten Objekte widerspiegeln.
- die Statusleiste (grün umrahmt) (s. Abs. 9.4, S. 81) bildet den unteren Abschluss und enthält neben zusätzlichen Informationen zur Ansicht und der Mausposition in Weltkoordinaten auch ggf. Statushilfen und Prozessinformationen.

Die grundsätzliche Manipulation der aktuell geöffneten Ansicht kann mittels der Maus und Zusatztasten innerhalb der besprochenen Ansicht erfolgen. Die Möglichkeiten umfassen

- *Umschalt + linke Maustaste ziehen* → verschiebe die Objekte der Ansicht
- *Alt + linke Maustaste ziehen* → rotiere die Objekte der Ansicht
- *Scrollrad* → skaliere die Objekte der Ansicht

- *Überfahre Objekte mit der Maus* → Hervorhebung
- *Links-Klick auf Objekt mit der Maus* → Auswahl
- *Links-Klick + Strg auf Objekte(e) mit der Maus* → Mehrfach-Auswahl
- *Rechts-Klick in Standardansicht* (s. S. 77) *oder Baumansicht* (s. S. 80) → rufe ein Kontextmenü (s. S. 77) auf

9.1 Werkzeugleiste

Die Werkzeugleiste enthält eine Sammlung an möglichen Aktionen und Schnelleinstellungen. Vorwiegend als zustandslose Schaltflächen ausgeführt, agieren diese durch einen Klick und lösen so die gewünschte Aktion aus.

Die Schnelleinstellungen können zwei Zustände (Ein/Aus) einnehmen, die durch einen grünen Haken bzw. ein rotes Kreuz symbolisiert werden.

Die möglichen Funktionen werden im Folgenden gemäß ihres Auftretens von links nach rechts in der Werkzeugleiste beschrieben.

Ansicht einpassen

Durch Anwahl dieser Schaltfläche werden alle derzeit sichtbaren Objekte der Standardansicht in die Fenstergröße eingepasst. Hierbei werden diese so zentriert und skaliert, dass sie den größtmöglichen Raum abzüglich eines einstellbaren Randabstands einnehmen. Der Randabstand wird in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) prozentual vorgegeben.

alles anzeigen

Mittels eines Kontextmenüs (s. S. 77), das durch Rechtsklick in der Standardansicht oder der Objekthierarchie aufgerufen werden kann, können Transparenz, Sichtbarkeit und Darstellung ausgewählter Objekte beeinflusst werden.

Um wieder alle Elemente der Ansicht vollständig anzuzeigen, kann dies durch Auswählen dieser Schaltfläche geschehen. In der Folge werden alle Objekte in ihrer soliden Ansicht dargestellt, gesetzte Transparenzen entfernt und ihr Status auf sichtbar gestellt.

Ansicht zurücksetzen

Bei Start der Anwendung bzw. bei Aktualisierung eines Dokuments wird der Zustand der Standardansicht (s. S. 77) als Vorgabewert gespeichert. Durch Anwahl dieser Schaltfläche kann zu jedem Zeitpunkt zu diesem Vorgabewert zurückgekehrt werden.

Koordinatensystem

Die Konfiguration des Koordinatensystems wird vorwiegend in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) vorgenommen. Die Sichtbarkeit in einer der Fensterecken kann jedoch durch Anwählen dieser Schaltfläche umgestellt werden. Die auszuführende Aktion des Ein- bzw. Abschaltens des Koordinatensystems wird durch einen grünen Haken bzw. ein rotes Kreuz in der unteren rechten Ecke des Schaltflächensymbols verdeutlicht.

Einstellungen

Durch Anwahl dieser Schaltfläche wird der Einstellungsdialog (s. Abs. 9.6, S. 85) geöffnet, in dem Einstellungen zum Aussehen und Verhalten der Anwendung und zur Steuerung vorgenommen werden können.

Bildschirmaufnahme

Durch Anwahl dieser Schaltfläche wird der Dialog zum Erzeugen einer Bildschirmaufnahme (s. Abs. 9.7, S. 88) geöffnet. Hier können sowohl Bilder für die Druckliste als auch eigene Aufnahmen angefertigt werden.

Was ist das?

Durch Anwahl dieser Schaltfläche wechselt die Anwendung in den 'Was ist das?'-Modus, der

durch ein kleines Fragezeichen am Mauszeiger angezeigt wird. Wird in diesem Modus auf ein Element der Programmoberfläche geklickt, können weiterführende Informationen zu ihm aufgerufen werden.

Hilfe

Die Hilfeschaltfläche öffnet das Online-Hilfedokument, in der die Programmfunktionalität des pcae-Werkzeugs *DTE3DViewer* erläutert wird. Es enthält die Beschreibung aller Funktionen und Einstellungen unabhängig vom aufrufenden Programm, die innerhalb des Viewers genutzt oder konfiguriert werden können.

Anwendung beenden

Neben dem ***Kreuzsymbol*** im Fensterrahmen der Anwendung kann das Fenster auch durch die Anwahl dieser Schaltfläche geschlossen werden. Die aktuellen Zustände der Ansicht werden gespeichert, so dass sie beim erneuten Aufruf der gleichen Dokumente wieder hergestellt werden können.

9.2 Dokumente

Als Dokument wird im Folgenden eine durch den Programmaufruf geöffnete Datei mit den Objektdaten beschrieben. Durch den Aufruf werden einerseits die 3D-Objekte für die Ansichten erzeugt, als auch die Objekthierarchien in den Bäumen dargestellt.

Standardansicht

Die Standardansicht stellt das Hauptfenster der Anwendung dar. In ihr können die erzeugten 3D-Objekte betrachtet und ihre Ansicht manipuliert werden. Dazu gehören Translationen, Rotationen und Skalierungen. Mehr zur Steuerung der Ansicht wird im Abschnitt Steuerung (s. Abs. 9.5, S. 82) beschrieben.

Zur Veränderung der statischen Elemente der Ansicht wie bspw. des Koordinatensystems, des Gitternetzes oder des Hintergrunds der Ansicht, können diese über die Werkzeugleiste (s. Abs. 9.1, S. 76) oder den Einstellungsdialog (s. Abs. 9.6, S. 85) angepasst werden.

Die getätigten Einstellungen werden per Dokument gespeichert, so dass bei Öffnen von mehreren Dokumenten durchaus verschiedene Ansichtskonfigurationen erzeugt werden können.

Durch Überfahren der Standardansicht (s. S. 77) mit der Maus können die in das Weltkoordinatensystem projizierten Koordinaten der Maus eingesehen werden.

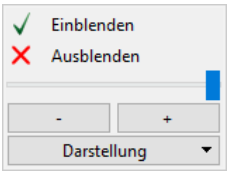
Weiterhin werden beim Überfahren eines Objekts mit der Maus dessen abschließende Kanten farblich hervorgehoben.

Die Anpassung dieser Farben kann im Einstellungsdialog (s. Abs. 9.6, S. 85) unter dem Abschnitt Aussehen (s. S. 85) vorgenommen werden.

Ebenso können ein oder mehrere Objekte durch Anklicken aus der Standardansicht (s. S. 77), ebenso wie aus der Objekthierarchie in der Seitenleiste (s. Abs. 9.3, S. 79), ausgewählt werden.

Durch die Auswahl wird es möglich die Elemente gemäß den Möglichkeiten des im Folgenden beschriebenen Kontextmenüs (s. S. 77) in ihrer Darstellung zu verändern - eine Auswahl wird ebenso wie eine Hervorhebung durch eine farbliche Anpassung der umgebenden Kanten deutlich gemacht.

Kontextmenü



Zur Manipulation der Sichtbarkeit und Darstellung der 3D-Objekte der Ansicht kann sowohl aus der Objekthierarchie (s. S. 80) als auch aus der Standardansicht (s. S. 77) mittels Rechtsklick auf ein Kontextmenü zugegriffen werden.

Hier ist zu beachten, dass dieses nur zur Verfügung steht, wenn mindestens ein Objekt derzeit ausgewählt ist!

Einblenden/Ausblenden

Durch die ***Einblenden***-Schaltfläche des Kontextmenüs können die ausgewählten Objekte sichtbar geschaltet werden.

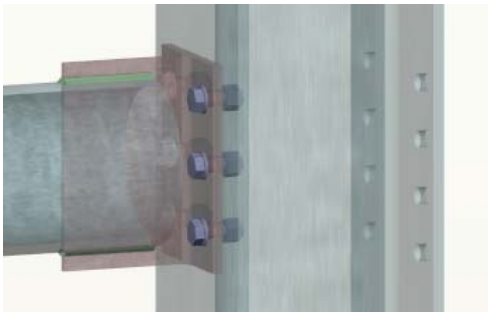
Die ***Ausblenden***-Schaltfläche hingegen schaltet die ausgewählten Objekte vollständig unsichtbar. Es ist zu beachten, dass diese dadurch auch für die Maus unsichtbar werden! Eine Hervorhebung oder Auswahl des/der Objekte in der Standardansicht (s. S. 77) ist demnach nicht mehr möglich - in der Baumansicht (s. S. 80) sind diese Objekte jedoch weiterhin zu finden und anwählbar.

In der Baumansicht der Objekte werden ausgeblendete Elemente durch das fehlende ***Häkchen***-Symbol in dessen Kontrollkästchen symbolisiert. Sind nur einige Objekte einer Objektgruppe abgewählt, wird dieser gemischte Zustand durch eine quadratische Füllung des Kontrollkästchens deutlich.

absolute Transparenz

Wurde lediglich ein Objekt ausgewählt, kann durch den Schieberegler dessen absoluter Transparenzwert eingestellt werden. Hier ist der Unterschied zwischen ausgeblendeten Objekten und Objekten mit vollständiger Transparenz hervorzuheben.

Ausgeblendete Objekte sind weder sichtbar noch interagieren sie mit der Maus. Teilweise oder vollständig transparente Objekte können ggf. unsichtbar sein, reagieren jedoch auf Mausinteraktionen wie bspw. die Hervorhebung oder Auswahl.

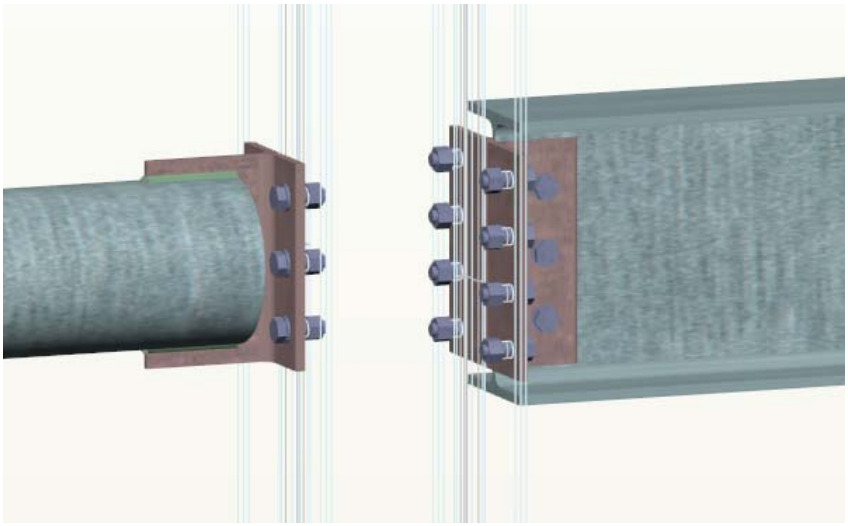


relative Transparenz

Bei Auswahl mehrerer Objekte, die durchaus im Vorfeld verschiedene Transparenzwerte aufweise können, können durch die +- und --Schaltflächen die Transparenzwerte aller ausgewählten Objekte um den gleichen Faktor geändert werden. So geht durch die Einstellung von Transparenzen bei Baugruppen das Verhältnis derer Transparenzwerte nicht verloren.

Darstellung

Durch die Auswahlfläche mit der Bezeichnung ***Darstellung*** kann für ausgewählte Objekte zwischen einer soliden und einer Drahtansicht umgeschaltet werden.



Im vorhergehenden Beispiel wurde die Stütze des Trägers über die beschriebene Funktion in der Drahtansicht dargestellt, wohingegen die anderen Objekte in der soliden Ansicht belassen wurden.

Durch die Drahtansicht werden entsprechend lediglich die umgebenden Kanten dargestellt und die Flächen nicht gezeichnet. Eine Auswahl und Hervorhebung durch die Maus ist nach wie vor möglich und wird durch die eingestellten Kantenfarben deutlich gemacht.

9.3 Seitenleiste

Die Seitenleiste enthält neben der Standardansicht (s. S. 77) weitere wichtige Möglichkeiten zur Steuerung der Darstellung der Objekte und eine versteckbare Übersicht (s. S. 79).

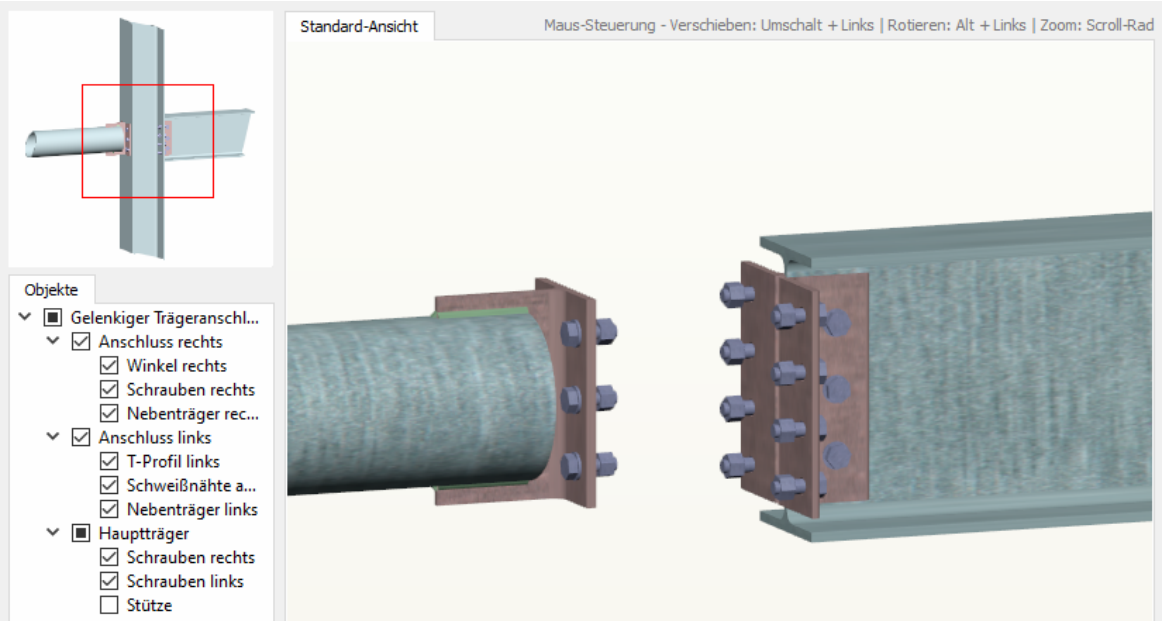
Sollte die Seitenleiste im Verhältnis zur Standardansicht zu wenig oder zu viel Platz in Bezug auf die Größe des Hauptfensters einnehmen, kann sie durch einen Anfasser zwischen der Seitenleiste und der Standardansicht vergrößert bzw. verkleinert werden.

Bei Vergrößern/Verkleinern des Hauptfensters wird die Seitenleiste verhältnismäßig angepasst.

Übersicht

Das obere Fenster der Seitenleiste bildet die Übersicht, die in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) konfiguriert und ggf. auch ausgeblendet werden kann. In diesem Fall zeigt die Seitenleiste lediglich die Baumansichten (s. S. 80).

In der Übersicht werden grundsätzlich alle Objekte vereinfacht dargestellt, unabhängig von ihrer Darstellung in der Standardansicht (s. S. 77). Damit ist gewährleistet, dass stetig ein Gesamteindruck komplexer Baugruppen erhalten bleibt.



In vorangegangener Abbildung ist gut zu erkennen, dass weder die Einstellung der Texturen noch das Ausblenden von Objekten einen Einfluss auf die Darstellung der Objekte in der Übersicht hat.

Weiterhin werden die Objekte grundsätzlich so skaliert, dass sie den größtmöglichen Raum innerhalb der Übersicht einnehmen. Hier ist zu beachten, dass die Abstände zu den Fensterrändern in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) angepasst werden können!

Außerdem wird die Übersicht bei Vergrößern oder Verkleinern des Hauptfensters skaliert, um ein vergleichbares Größenverhältnis beizubehalten.

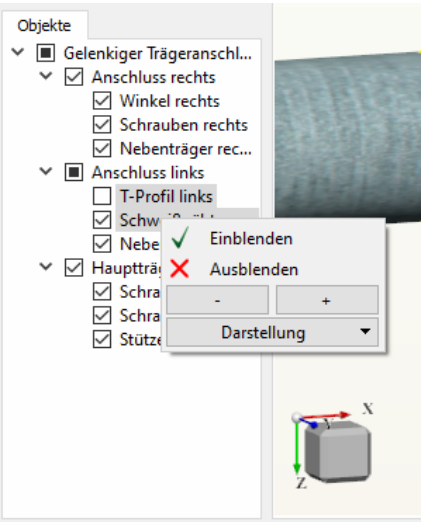
Soll die Übersicht im Verhältnis zu den Baumansichten (s. S. 80) kleiner bzw. größer dargestellt werden, kann das Verhältnis durch das vertikale Ziehen an einem Anfasser zwischen diesen beiden Fenstern angepasst werden. Die Darstellung in der Übersicht wird bei entsprechender Anpassung automatisch skaliert.

Mit dem Positionsrahmen, der in vorheriger Abbildung rot dargestellt ist, wird das aktuelle Sichtfeld der Standardansicht (s. S. 77) innerhalb der Übersicht verdeutlicht. So kann auch bei komplexen Bauteilen und hoher Skalierungsstufe in der Standardansicht ein Eindruck über die aktuelle Position bezogen auf das Gesamtobjekt gewonnen werden.

Die Farbe des Positionsrahmens kann ebenso wie die Farbe des Hintergrunds der Übersicht in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) angepasst werden.

Baumansichten

Die Baumansichten enthalten eine Hierarchie der dargestellten Objekte und zeigen grundsätzlich alle erzeugten und auswählbaren Objekte an. Objektgruppen bzw. Baugruppen von Bauteilen können zur übersichtlicheren Ansicht ein- und ausgeklappt werden.



Der Status eines Objekts in der derzeitigen Ansicht wird über die Form seines Kontrollkästchens bekannt gegeben.

Enthält das Kästchen einen Haken, ist das Element in der Standardansicht (s. S. 77) für Hervorhebung und Auswahl sichtbar - kann natürlich dennoch durch eingestellte Transparenz unsichtbar sein.

Fehlt der Haken im Kontrollkästchen, sind das Objekt und ggf. alle seine Unterobjekte ausgeblendet und es kann mit ihm oder ihnen nicht mit der Maus interagiert werden.

Bei Baugruppen ergibt sich ein weiterer Zustand, der sich durch ein mit einem quadratgefüllten Kontrollkästchen ergibt. Einige seiner Unterobjekte sind nicht ausgewählt, so dass sich das Oberobjekt in einem Mischzustand befindet.

Die Auswahl von einem oder mehreren Objekten kann wie in der Standardansicht durch die Hinzunahme der Strg-Taste bei einem Klick mit linker Maus-Taste erzielt werden.

Zur Einstellung der Sichtbarkeit können an entsprechender Stelle die Haken der Kontrollkästchen gesetzt oder entfernt werden, um den gleichen Effekt zu erzielen wie das 'Einblenden/Ausblenden' mittels des Kontextmenüs (s. S. 77) aus der Standardansicht.

Wie bereits beschrieben, bringen die Baumansichten (s. S. 80), analog zur Standardansicht, ein Kontextmenü mit, das durch Rechts-Klick auf ein oder mehrere Elemente im Baum aufgerufen werden kann.

Auch hier zeigt sich, dass die Transparenzeinstellung bei Auswahl mehrerer Objekte nur relativ erfolgen kann, wohingegen sie bei Auswahl eines einzelnen Objekts auch in Absolutwerten angegeben werden kann.

Die Einstellungen zur Sichtbarkeit und Darstellung gleichen den bereits im Abschnitt Kontextmenü beschriebenen Möglichkeiten.

9.4 Statusleiste

Die Statusleiste bildet den unteren Abschluss der Anwendung und in ihr können keine Aktionen ausgelöst werden. Sie stellt lediglich eine Anzeige von zusätzlichen Informationen, Ladevorgängen und Prozessfortschritten sowie ggf. Informationen über das Gitter und die Mausposition bereit.

Informationsfeld

An der linken Seite der Statusleiste findet sich ein Informationsfeld, das neben nützlichen Hinweisen zu Bereichen des Hauptfensters auch Information zu Ladevorgängen bei Neuerzeugung von Objekten und deren Prozessfortschritt kommuniziert.

Mauskoordinaten

Sobald mit der Maus die Standardansicht (s. S. 77) betreten wird, wird versucht, die Lage der Mausposition in Weltkoordinaten umzusetzen.

Da hier von der 2D-Position der Maus in Bildschirmkoordinaten in die 3D-Position der Weltkoordinaten übersetzt werden muss, stehen nicht zwangsläufig immer korrekte Tiefeninformationen zur Verfügung, so dass die Interpolation mitunter falsche Werte liefert und bei schiefer Lage der Weltkoordinaten bezogen auf die Bildschirmkoordinaten nur als Anhaltspunkt verstanden werden sollten.

Wird die Ansicht jedoch so ausgerichtet, dass eine der Hauptebenen des Weltkoordinatensystems mit dem des Bildschirms zusammenfällt, können mittels dieser Anzeige sehr genaue Geometriewerte abgemessen werden.

In der gezeigten Abbildung wurde die Ansicht so ausgerichtet, dass die XZ-Ebene der Weltkoordinaten mit den Bildschirmkoordinaten zusammenfällt, und die Maus auf den Ursprung gelegt.

Aus der Anzeige der Mauskoordinaten in der Statusleiste wird deutlich, dass diese Position dann auch in Weltkoordinaten äußerst exakt bestimmt werden kann.

Zur Herstellung dieser speziellen Ansichten kann das Koordinatensystem (s. S. 76) genutzt werden, dessen Funktion im Abschnitt zur Steuerung (s. Abs. 9.5, S. 82) eingehend beschrieben wird.

9.5 Steuerung

Da zur Navigation im dreidimensionalen Raum eine ergonomische Steuerung immense Bedeutung gewinnt, wurde versucht, diese einerseits zwischen der Standardansicht (s. S. 77) und den Baumansichten (s. S. 80) analog zu gestalten, sowie auf komplexe Tastenkombinationen oder Sonderfunktionen zu verzichten.

Grundsätzlich unterscheidet sich die Art, wie mit der Ansicht und den darin dargestellten Objekten interagiert werden kann, durch die eher interaktive Steuerung in der Standardansicht und der vorherrschend zeilenorientierten Steuerung in den Baumansicht.

Programmoberfläche

Innerhalb der Programmoberfläche (s. Abs. 9, S. 75) können alle Aktionen mittels Mausbewegungen sowie linker und rechter Maustaste ausgelöst werden.

Hervorzuheben ist hier, dass beinahe jedes Element der Oberfläche eine Kurzhilfe und meist zusätzlich eine erweiterte Hilfe enthält. Die Kurzhilfe zeigt sich in der Statusleiste (s. Abs. 9.4, S. 81) oder direkt unter dem Mauszeiger, sofern ein entsprechendes Element überfahren wird.

Steht eine komplexere Hilfe bereit, kann diese durch Umschalten in den 'Was ist das?'-Modus und Klick des gewünschten Elements mit der linken Maustaste offen gelegt werden.

Eine weiterführende Beschreibung des 'Was ist das?'-Modus' findet sich im Abschnitt zu diesem Hilfewerkzeug (s. S. 77).

Standardansicht

In der Standardansicht erfolgt die Steuerung durch die Nutzung der linken und rechten Maustaste sowie des Scrollrads und natürlich durch die Mausbewegung.

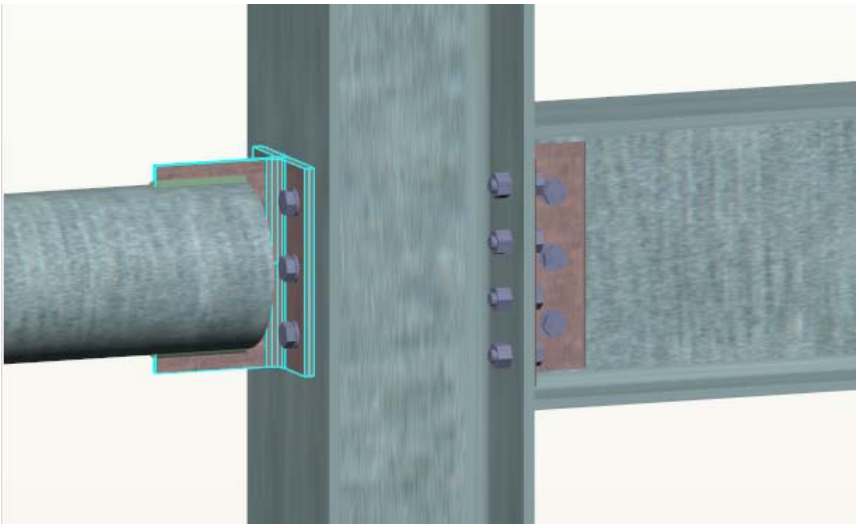
Einige Aktionen erfordern hier weiterhin die Nutzung von Zusatztasten. Die Steuerungsoptionen werden aufsteigend ihrer Komplexität beschrieben.

einfache Mausbewegung

Durch das Bewegen des Maus-Zeigers in die Standardansicht (s. S. 77) zeigt sich, dass, solange kein Objekt unter der Maus liegt, sich lediglich die Koordinatenanzeige (s. S. 81) in der Statusleiste verändert, da versucht wird die Weltkoordinaten der Maus aus ihren Bildschirmkoordinaten zu interpolieren. Hier ist auch der Abschnitt zu den Mauskoordinaten (s. S. 81) zu beachten!

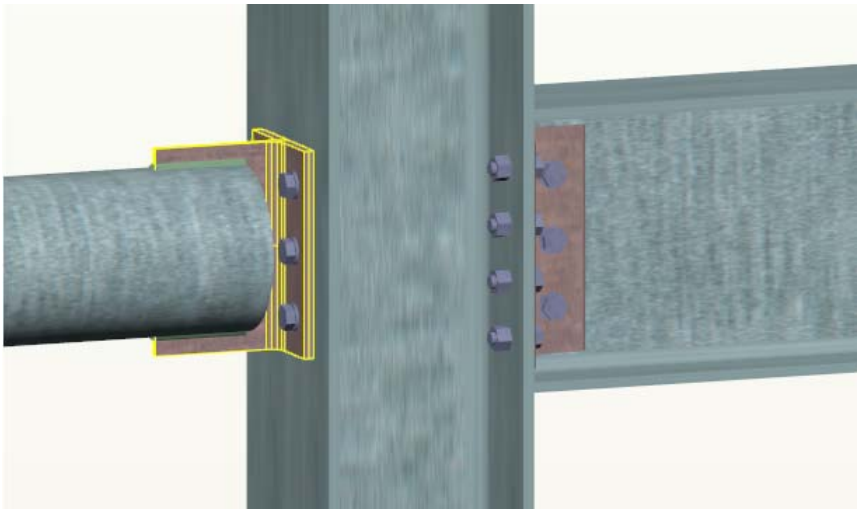
Objekthervorhebung

Wird beim Bewegen der Maus ein Objekt in der Ansicht überfahren, wird dieses farbig durch seine umgebenden Kanten hervorgehoben, insofern diese Funktion in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) nicht deaktiviert wurde.



Objektauswahl

Wird mit dem Mauszeiger über einem Objekt ein Klick mit der linken Maustaste ausgeführt, wird dieses ausgewählt. Eine Mehrfachauswahl von Objekten ist durch den zusätzlichen Einsatz der Strg-Taste möglich.



Aus der Abbildung wird deutlich, dass eine Hervorhebung nur einen temporären Zustand beschreibt, der aufgelöst wird, sobald der Mauszeiger das entsprechende Objekt verlässt. Eine Auswahl hingegen wird solange beibehalten, bis eine neue getroffen wird, so dass auch die zusätzliche Hervorhebung von weiteren Objekten möglich ist.

Die Auswahl spiegelt sich auch in der Objekthierarchie (s. S. 80) wider. In der Standardansicht (s. S. 77) ausgewählte Objekte werden auch dort hervorgehoben.

Eine Abwahl aller ausgewählten Objekte ist durch einen Klick in leeren Raum innerhalb der Ansicht möglich. Bei einer Mehrfachauswahl kann ein ausgewähltes Objekt aus der Auswahl entfernt werden, indem erneut bei Drücken der Strg-Taste auf dieses geklickt wird.

Durch diese einfachen Steuerungsmöglichkeiten können durchaus komplexe Auswahlen erzeugt werden, die dann im Verbund bspw. durch das Kontextmenü (s. S. 77) bearbeitet werden können.

Ansichtsskalierung

Die Ansicht kann durch Drehen des Scrollrads skaliert werden. Hierbei spielt auch die Position der Maus in der Ansicht eine Rolle, da versucht wird die Ansicht in Richtung des Mauszeigers zu skalieren.

Die Skalierung setzt als Zielpunkt, der mittig in der Ansicht ausgerichtet werden soll, also die derzeitige Mausposition. Für eine feinere Skalierung kann der Faktor, mit dem die Ansicht pro Scrollrad-Umdrehung skaliert wird, durch das zusätzliche Betätigen der Umschalt-Taste halbiert werden.

Ansichtsverschiebung

Zum Verschieben der Ansicht kann ein beliebiger Punkt in der Ansicht 'gegriffen' und unter Zuhilfenahme der Umschalt-Taste verschoben werden. Die Ansicht wird hierbei exakt um die Mausbewegung verschoben.

Der Betrachter behält hier den gleichen Blickpunkt wie zuvor und folgt nicht den Objekten, so dass diese parallel verschoben werden und so ggf. auch gänzlich aus der Ansicht verschwinden können.

Ansichtsrotation

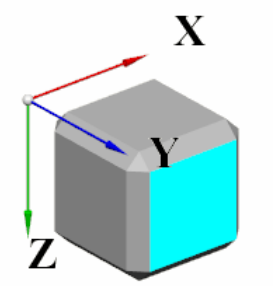
Analog zum Verschieben kann eine Rotation eingeleitet werden, indem ein beliebiger Punkt in der Ansicht unter Zuhilfenahme der Alt-Taste gegriffen und verschoben wird.

Grundsätzlich wird auch hier exakt der Mausbewegung gefolgt, jedoch kann unter den Einstellungen im Steuerungsabschnitt die Rotationsbeschleunigung konfiguriert werden, so dass diese

nach eigenen Wünschen angepasst werden kann.

Weiterhin ist es möglich, die Art der Rotation in den Einstellungen (s. Abs. 9.6, S. 85) anzupassen, was im entsprechenden Abschnitt der Einstellungsdokumentation (s. S. 86) beschrieben wird.

Koordinatensystem



Insofern das Koordinatensystem in der Ansicht eingeblendet ist, kann auch dessen Ansichtswürfel zur Steuerung von Ansichten genutzt werden.

Das Überfahren einer der Seiten, Kanten oder Ecken des Ansichtswürfels stellt diese analog zur Objekthervorhebung farblich anders da und ein Klick auf die gewünschte Fläche bringt diese parallel zur Bildschirmebene zentriert und passt sie in die Ansicht ein. So können die gängigen Hauptansichten ohne viel Mühe hergestellt werden.

Da mitunter eine Vielzahl von Rotationen nötig ist, um von der aktuellen Ansicht zur einer der gewählten Hauptansichten zu gelangen, werden diese animiert, so dass stetig der Bezug zum vorherigen Zustand erhalten bleibt.

Tastatursteuerung

Eine weitere Möglichkeit zur Steuerung bilden die Pfeiltasten sowie die + und --Tasten. Es ist zu beachten, dass dafür die Standardansicht (s. S. 77) im Fokus liegen muss! Dies kann bspw. durch einen einfachen Klick in das Fenster erreicht werden, da bei fokussierten Baumansichten (s. S. 80) der Seitenleiste (s. Abs. 9.3, S. 79) die Pfeiltasten auch genutzt werden können, um durch die Objekthierarchie zu navigieren.

Durch die Nutzung der Pfeiltasten ohne jegliche Zusatztaste kann die Ansicht in der Bildschirmebene nach oben, unten, rechts und links verschoben werden.

Wird zusätzlich die Alt-Taste (analog zur Steuerung mit der Maus) betätigt, kann über die Achsen der Bildschirmebene rotiert werden, wobei die Horizontale hierbei die X-Achse darstellt und die Vertikale die Y-Achse.

Durch die +- und --Tasten kann die Ansicht vergrößert bzw. verkleinert werden.

Baumansichten

Während sich die Steuerung in der Standardansicht (s. S. 77) vorwiegend mit Transformationen der Ansicht beschäftigt und über das Kontextmenü (s. S. 77) zusätzlich auch Einstellungen zur Darstellung, Sichtbarkeit und Transparenz getroffen werden können, werden diese Konfigurationen durch den Aufbau der Baumansichten (s. S. 80) deutlich vereinfacht.

Objekthervorhebung

Die Hervorhebung von Objekten kann hier analog durch einen einfachen Klick mit der linken Maustaste auf das Element im Baum erfolgen. Eine zusätzliche Anwahl von Objekten geschieht auch hier mit gedrückter Strg-Taste.

Zusätzlich kann eine Liste von Elementen im Baum ausgewählt werden, indem nach Auswahl eines Elements mit gedrückter Umschalt-Taste ein weiteres Element angewählt wird - alle dazwischen liegenden Elemente werden automatisch ausgewählt.

Weiterhin kann der Status eines Objekts, was seine Sichtbarkeit betrifft, durch die nebenstehenden Kontrollkästchen eingesehen bzw. verändert werden. Die Funktionalität und Symbole des Kontrollkästchens bzgl. der Sichtbarkeit der ausgewählten Objekte wurde bereits im Abschnitt zu den Baumansichten (s. S. 80) erläutert.

Bei getroffener Auswahl können auch hier Eigenschaften der Objekte über das Kontextmenü (s. S. 77) angepasst werden.

9.6 Einstellungen

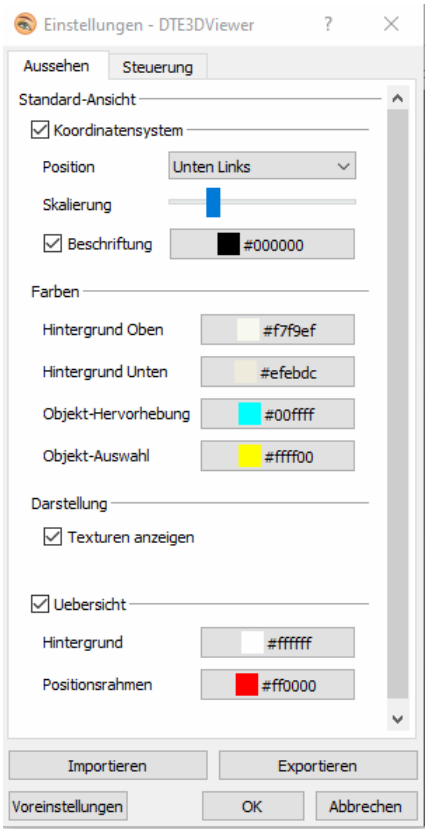
Beim Öffnen der Einstellungen durch die entsprechende Schaltfläche in der Werkzeugleiste wird ein Dialog geöffnet, dessen gesetzte Einstellungen sich ausschließlich auf das aktuelle Dokument beziehen.

Es können somit also für verschiedene Dokumente auch ganz verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, ohne dass sich diese überlagern oder gar überschreiben.

Der Einstellungsdialog ist in zwei Reiter aufgeteilt: Aussehen und Steuerung.

Aussehen

Der Aussehenreiter unterteilt sich weiterhin in Einstellungen für die Standardansicht und die Übersicht.



Standardansicht

In den Einstellungen zur Standardansicht können zuerst Einstellungen bzgl. des Koordinatensystems vorgenommen werden.

Koordinatensystem

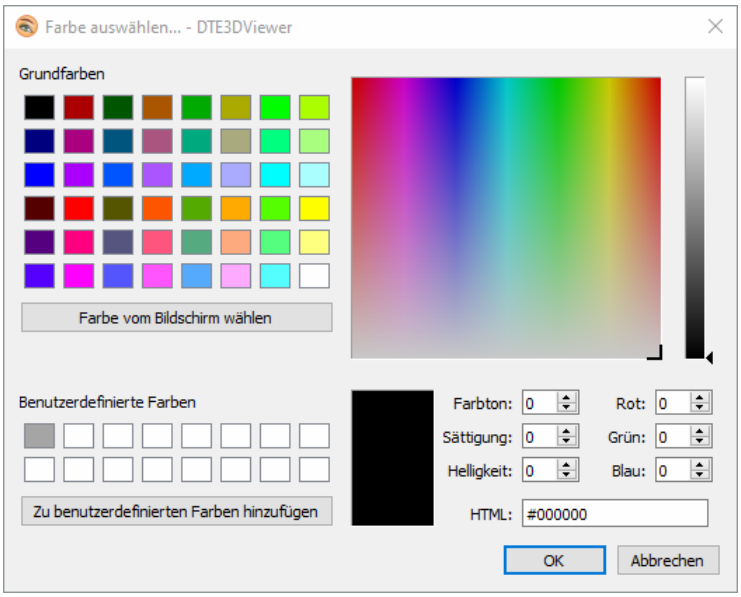
Durch Setzen des Hakens in dem Kontrollkästchen des Koordinatensystems kann es ein- oder ausgeblendet werden.

Die Schaltfläche der Position verschiebt das Koordinatensystem in eine beliebige Fensterecke. Es ist zu beachten, dass die Einstellungen nur für die Standardansicht gilt und die Bildschirmaufnahme davon nicht betroffen ist!

Mittels des Schiebereglers für die Skalierung kann das Koordinatensystem inklusive des Ansichtswürfels und der Beschriftung in einem gewissen Rahmen skaliert werden. Diese Skalierung wird auch für die erzeugten Bilder der Bildschirmaufnahme übernommen.

Grundsätzlich wird eine schwarze Achsbeschriftung für das Koordinatensystem eingeblendet. Mittels des Kontrollkästchens der Beschriftung des Koordinatensystems kann sie ein- oder ausgeblendet werden.

Weiterhin kann durch die folgende Schaltfläche eine beliebige Textfarbe für die Beschriftung eingestellt werden. Das kleine Quadrat mit dem aktuellen Farbton und der folgenden Hex-Bezeichnung dient nur als Orientierung. Durch Klick auf die Schaltfläche öffnet sich ein Auswahldialog, in dem die Farbe entweder manuell durch ihre Bezeichnung oder interaktiv eingestellt werden kann.



Die Schaltfläche der Ausrichtung gibt nicht nur vor in welche Richtung sich das Koordinatensystem orientiert, sondern passt auch die Orientierung der Weltkoordinaten an. Das angezeigte Koordinatensystem folgt grundsätzlich den Weltkoordinaten.

Farben

Der Unterabschnitt *Farben* legt die einstellbaren Farben für die Standardansicht fest.

Da der Hintergrund als Gradient von oben nach unten eingestellt werden kann, können hier zwei Farben ausgewählt werden. Für einen einfarbigen Hintergrund sind beide Farben auf den gleichen Wert zu setzen.

Weiterhin können die Farben für die Umrandung der Objekte bei Objekthervorhebung und Objektauswahl gesetzt werden. Vergleiche hierzu auch mit der Beschreibung aus: Objekthervorhebung und Objektauswahl.

Darstellung

Der Unterabschnitt Darstellung legt einige spezifischere Einstellungen was das Rendering der Objekte in der Ansicht angeht fest. In den meisten Fällen sind hier nicht alle Einstellungen durch das aufrufende Programm freigegeben.

Durch das Kontrollkästchen für die Texturen können diese für die Standardansicht ein- bzw. abgeschaltet werden. Das hat keinen Einfluss auf die Übersicht oder die Einstellung, die in der Bildschirmaufnahme gemacht wurde.

Übersicht

Da für die Übersicht nur ein einfarbiger Hintergrund vorgesehen ist, kann auch hier nur eine Farbe für den Hintergrund gesetzt werden.

Eine weitere Farbe, die eingestellt werden kann, ist die des Positionsrahmens, der zur Orientierung der Standardansicht bezogen auf alle Objekte der Ansicht dient. Er wurde in der Beschreibung zur Übersicht erklärt.

Da die Übersicht die Objekte grundsätzlich immer einpasst und zentriert, stellt diese Einstellung den Normalzustand dar.

Steuerung

Der Abschnitt für die Einstellungen zur Steuerung enthält nur eine geringe Anzahl an Einstellungen, da hier versucht wurde, durch Konvention eine einfache und intuitive Steuerung zu gewährleisten, die mit den anderen DTE®-Programmen kompatibel ist.

Objekthervorhebung

In der Erläuterung zur Steuerung wurde erklärt, dass die Objekte durch Überfahren mit der Maus erkannt und hervorgehoben werden können. Sollte dieses Verhalten nicht gewünscht sein, kann es durch Entfernen des Hakens in dem Kontrollkästchen bzgl. des Mouse-Over unterbunden werden.

Rotation

Da die Objekte bei Verschieben der Ansicht grundsätzlich der Relativbewegung der Maus folgen, sind hierzu keine weiteren Einstellungsmöglichkeiten gegeben. Bei den Rotationen kann die Mausbeschleunigung bzgl. der Ergonomie jedoch durchaus einen Unterschied machen.

Rotations-Beschleunigung

So kann mittels eines Schiebereglers die Rotationsbeschleunigung angepasst werden, um bspw. auf kleinen Touchpads auch flüssige Rotationen durchführen zu können.

Rotationspunkt

Der Rotationspunkt gibt den Ausgangspunkt der Rotation vor. Standardmäßig wird um den Schwerpunkt der ausgewählten Objekte (bei leerer Auswahl um den Schwerpunkt aller Objekte) rotiert.

Es kann jedoch auch um den Blickpunkt der Kamera (der zentrale Punkt in der Mitte der Ansicht) oder um die aktuelle Mausposition rotiert werden. Für die letzte Einstellung ist es nötig, dass das zugrunde liegende Programm die 2D-Koordinaten der Maus auf ein ausgewähltes Objekt projiziert und dadurch den Drehpunkt in Weltkoordinaten erhält.

Je nach Komplexität der Objekte und Lage der Ansicht kann diese Position undefiniert sein, so dass keine Rotation stattfindet. Hier wird empfohlen auf eine andere Einstellung für den Rotationspunkt zu wechseln.

Import und Export

Da, wie eingehend beschrieben, für verschiedene Dokumente auch verschiedene Einstellungen vorgenommen werden können, bietet es sich jedoch auch an, die Möglichkeit zu haben, gemachte Einstellungen eines Dokuments auf ein anderes zu übertragen, ohne diese in den dortigen Einstellungen erneut von Hand eingeben zu müssen.

Hierfür werden die ***Import***- und ***Export***-Schaltflächen genutzt.

Sind Einstellungen gesetzt, die auf ein anderes Dokument übertragen werden sollen, können diese durch die ***Export***-Schaltfläche in eine interne und global zugängliche Datei übertragen werden.

Nach Wechsel des Dokuments können diese globalen Einstellungen mittels der ***Import***-Schaltfläche in die dortigen Einstellungen übertragen werden.

Es ist zu beachten, dass die Einstellungen erst durch das Bestätigen mit ***OK*** gespeichert werden, so dass die Überschreibungen durch den Import via ***Abbrechen***-Schaltfläche rückgängig gemacht werden können!

Bei jedem Export wird die globale Exportdatei überschrieben, so dass nur ein Satz globaler Einstellungen vorliegen kann.

Voreinstellungen

Durch einen Klick auf die Schaltfläche ***Voreinstellungen*** werden die Standardeinstellungen dieser Anwendung gemeinsam mit den gemachten Änderungen durch das aufrufende Programm in die Einstellungen eingepflegt.

Auch hier zeigt der Dialog vorerst nur die neuen Einstellungen, ohne sie zu schreiben, so dass durch die ***Abbrechen***-Schaltfläche zu dem vorherigen Zustand zurückgekehrt werden kann.

Einmal mit der ***OK***-Schaltfläche bestätigt, befindet sich das aktuelle Dokument bzgl. der Einstellungen wieder im Grundzustand. Das kann nicht rückgängig gemacht werden!

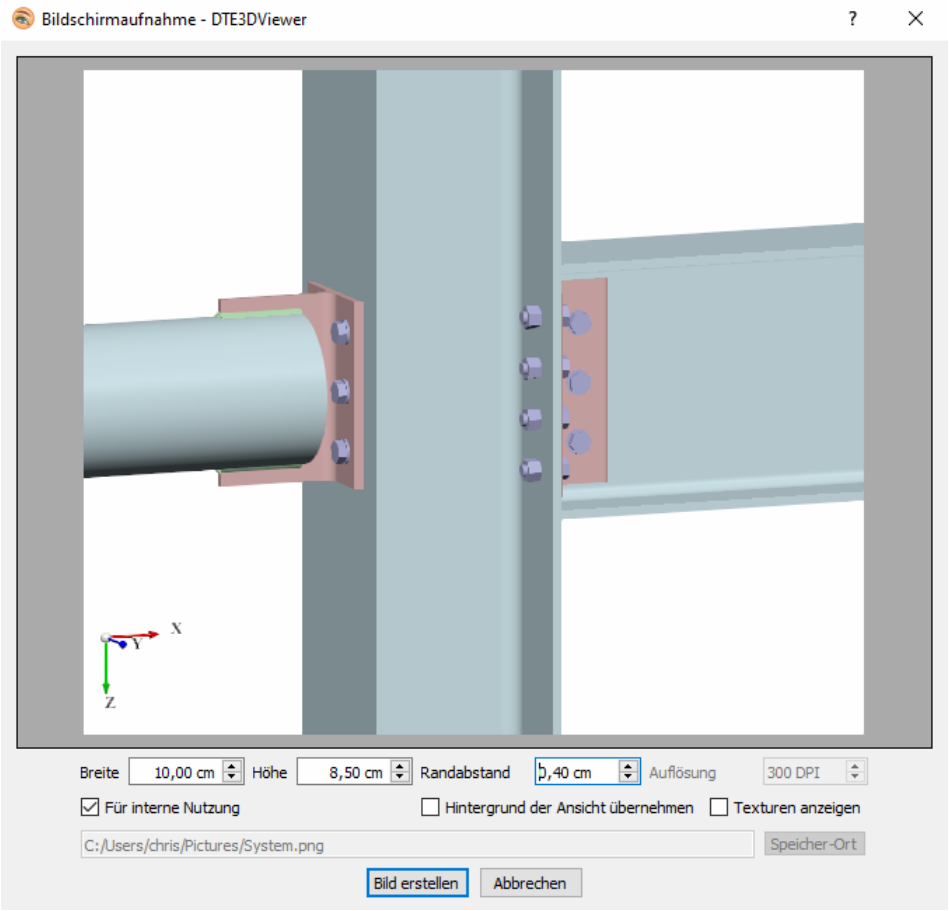
Speichern und Abbrechen

Das Speichern der Einstellungen erfolgt durch einen Klick auf die ***OK***-Schaltfläche und bedarf keiner zusätzlichen Zustimmung.

Ein Klick auf die ***Abbrechen***-Schaltfläche verwirft alle getätigten Änderungen seit Öffnen der Einstellungen und bedarf daher einer Zustimmung, um versehentliches Löschen bzw. Überschreiben von Einstellungen zu verhindern.

9.7 Bildschirmaufnahme

Über den Dialog für Bildschirmaufnahmen kann eine Aufnahme der aktuellen Ansicht erzeugt und in die Druckliste aufgenommen werden. Durch die entsprechende Schaltfläche in der Werkzeugleiste, lässt sich folgendes Fenster öffnen.



Es wird hierbei grundsätzlich die derzeit aktive Ansicht des Hauptfensters übernommen.

Vorschau

Der größte Teil des Dialogs spiegelt sich im Vorschaufenster wider, das eine modifizierte Kopie der aktuellen Ansicht mit festen Seitenverhältnissen zeigt.

Die Darstellung in der Vorschau wird exakt, wie sie auf dem Bildschirm sichtbar ist, als externe Aufnahme oder intern für die Druckliste übernommen.

Geometrie und Auflösung

Mittels dreier Eingabefelder kann die Geometrie der zu erstellenden Aufnahme angepasst werden. Es ist zu beachten, dass die Felder für die Breite und Höhe in Abhängigkeit zueinander stehen, um stets das gleiche Seitenverhältnis zu bewahren! Die Veränderung eines Werts zieht also unweigerlich die Veränderung des anderen nach sich.

Bei interner Nutzung ist weiterhin ein Augenmerk auf die eingestellten Größen zu legen, da diese, falls sie die Dokumentgröße der Druckliste überschreiten, ggf. abgeschnitten werden!

Bei externer Nutzung, also einer Aufnahme, die der Nutzer für sich lokal abspeichern möchte, kann weiterhin die Auflösung der Aufnahme eingestellt werden. Es sind hohe Auflösungen möglich, die jedoch auch Ausgabedateien beträchtlicher Größe erzeugen.

interne Nutzung

Eine wichtige Unterscheidung macht die Schaltfläche ***Interne Nutzung***. Ist sie angewählt, kann die Auflösung der Aufnahme nicht durch den Benutzer eingestellt werden und auch die Auswahl des Speicherorts wird verhindert.

Eine so erzeugte Aufnahme wird intern abgelegt, um im Folgenden für die Erzeugung der Druckliste Anwendung zu finden. Hier sind lediglich die Möglichkeiten zur Einstellung der Geometrie der Aufnahme gegeben.

Hintergrund und Texturen

Über die Schaltfläche ***Hintergrund der Ansicht übernehmen*** kann eingestellt werden, ob als Hintergrund eine weiße Fläche oder der Hintergrund der derzeit aktiven Ansicht genutzt wird.

Über die Schaltfläche ***Texturen anzeigen*** kann festgelegt werden, ob mögliche Texturen bei der Aufnahme berücksichtigt werden sollen oder nicht. Hierbei spielt es jedoch keine Rolle, ob in der zugrunde liegenden Standardansicht die Texturen sichtbar geschaltet sind oder nicht.

Speicherort

Ist die Aufnahme für eine externe Nutzung, also die lokale Speicherung und Verwendung vorgesehen, kann der Ort, an dem sie gespeichert werden soll, festgelegt werden. Dies geschieht am einfachsten über die Schaltfläche ***Speicher-Ort***, wodurch im Datei-Explorer der entsprechende Ort und Name der Datei gesetzt werden kann.

Ein manueller Eintrag des Speicherorts ist über das Eingabefeld auch möglich und es wird geprüft, ob das angegebene Verzeichnis existiert. Sollte der Nutzer auf dieses Verzeichnis aufgrund der Rechteverwaltung des Betriebssystems jedoch nicht zugreifen können, schlägt die Aufnahme fehl.

Bild erstellen

Durch die Schaltfläche ***Bild erstellen*** wird die Aufnahme erstellt und je nach Einstellung intern bzw. an dem vorgegebenen Speicherort abgelegt.

Falls das Erstellen fehlschlagen sollte, wird der Nutzer durch ein zusätzliches Dialogfenster darüber informiert. Bei erfolgreichem Erstellen wird dieses im Informationsfeld der Statusleiste (s. Abs. 9.4, S. 81) kenntlich gemacht.

10 Literaturverzeichnis

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 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

/18/ 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

/19/ DIN 18800-1, Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2008

Bemessung

/20/ E. Kahlmeyer, K. Hebestreit, W. Vogt: Stahlbau nach EC3, Bemessung und Konstruktion, Träger - Stützen - Verbindungen, 6. Auflage, Werner-Verlag, 2012

/21/ R. Kindmann, M. Stracke: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012

/22/ R. Kindmann, M. Krüger: Stahlbau Teil 1: Grundlagen, 5. Aufl., Verl. Ernst & Sohn, 2013

/23/ R. Kindmann: Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung, 4. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2008

/24/ R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele, Verlag Ernst & Sohn, 2002

/25/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 1: Tragwerksplanung, Grundlagen, 5. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/26/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 2: Verbindungen und Konstruktionen, 3. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2011

/27/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/28/ D. Ungermann, K. Weynand, J.-P. Jaspart, B. Schmidt: Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen, Stahlbau Kalender 2005, Verlag Ernst & Sohn, 2005

/29/ D. Ungermann, S. Schneider: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, Stahlbau Kalender 2013, Verlag Ernst & Sohn, 2013

/30/ 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

/31/ Björn Schmidt: Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe, Dissertation, TU Dortmund, 2008

/32/ Beispiele zur Bemessung von Stahltragwerken nach DIN EN 1993 Eurocode 3, baufo-rumstahl e.V., Verlag Ernst & Sohn Gmbh & Co. KG

/33/ K. Weynand, R. Oerder: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau Verlag- und Service GmbH, Gesamtausgabe 2013

/34/ L. Nasdala, B. Hohn, R. Rühl: Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit elastomerer Zwischenschicht, Bauingenieur, Bd. 80, Dezember 2005

/35/ Y. Ciupack, H. Pasternak: Thermisch getrennte Stirnplattenstöße, Bauingenieur, Bd. 88, Dezember 2013

/36/ Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf, www.calenberg-ingenieure.de

/37/ ECCS Document No. 126: European Recommentdations for the Design of Simple Joints in Steel Structures. ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Demonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume

/38/ 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

/39/ 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

/40/ 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

/41/ 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

/42/ 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

/43/ C. Seeßelberg: Kranbahnen, 4. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/44/ A. Steurer: Das Tragverhalten und Rotationsvermögen geschraubter Stirnplattenverbindungen, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Zürich, Dezember 1999

/45/ T. Laufs, C. Radlbeck: Aluminiumbau-Praxis nach Eurocode 9, Berechnung und Konstruktion,Bauwerk, Bauwerk, Beuth-Verlag GmbH, 2015

/46/ J.-M. Franssen, P. Vila Real: Fire Design of Steel Structures, 2nd Edition, ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2015

/47/ DASt-Richtlinie 027: Ermittlung der Bauteiltemperatur feuerverzinkter Stahlbauteile im Brandfall, Ausgabe Nov. 2020

/48/ M. Mensinger, M. Stadler: Brandschutznachweise, Workshop Eurocode 3 - Rechenbeispiele, 8. November 2008, München

/49/ Berechnungsrichtlinie für die Querschnitts- und Stabbemessung nach Eurocode 3 mit Schwerpunkt auf semi-kompakten Querschnitten; TU Graz Institut für Stahlbau, Lessingstr. 25/38010 Graz

/50/ W. Martin: ζ-Werte für den Biegedrillknicknachweis von I-Profilen

/51/ J. Lindner, J. Scheer, H. Schmidt: Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4, Beuth-Kommentare

/52/ J. Lindner: Stabilisierung von Trägern durch Trapezbleche, Stahlbau 56 (1987), S. 9-15

/53/ R. Puthli: Hohlprofilkonstruktionen im Geschossbau - Ausblick auf die europäische Normung, Stahlbau-Kalender 2002, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002

/54/ R. Puthli, R. Ummenhofer, J. Wardenier, I. Pertermann: Anschlüsse mit Hohlprofilen nach DIN EB 1993-1-8, Stahlbau-Kalender 2011, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2011

/55/ 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

/56/ 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

11 Index

Abkürzungen ... 2
Abscheren ... 38, 53
Anhang nationaler ... 74
Anschlussblech ... 58
Anschlussparameter ... 11
Anschlusstyp ... 13
äquivalenter T-Stummel ... 35
Ausklinkung ... 18, 20, 22, 24, 40
Basisverbindungen ... 55
Bauteil erzeugen ... 7
Bemessungsschnittgrößen ... 25
blank ... 2
Blech mit Schub ... 38
Blockversagen ... 38
Bolzen ... 58
Cursor ... 2
DIN 18800 ... 48
Drehpunkt ... 17
Druckkontakt ... 36
Druckliste ... 73
ECCS Modellvoraussetzungen ... 37
Einwirkung ... 2
e-Mail ... 6
Englisch ... 74
Ergebnisübersicht ... 31
Extremalbildungsvorschrift ... 2
Fahnenblechanschluss ... 15, 19
Festigkeitsklasse ... 58
Fließen ... 63
Fremdsprache ... 74
Futterblech ... 61
Gelenk ... 17
Hauptträger ... 14
IH2 ... 66
IH4 ... 66
Import beidseitig ... 26
Import einseitig ... 29
Installation ... 5
Kehlnaht ... 60
Kontextsensitivität ... 6
Kontrollpunkt ... 26
Länge wirksame ... 63
Lastbild ... 2
Lastfall ... 2
Lastkollektiv ... 2
Linienquerschnitt ... 71
Lochleibung ... 38, 54
Materialsicherheitsbeiwert ... 11
Materialsicherheitsbeiwerte ... 1, 73
Nachweis ... 13, 37
Nachweis EC 3 ... 36
Nebenträger ... 17
Ordner ... 7
Parameterbezeichnungen ... 32
Profil parametrisiertes ... 12
Punktequerschnitt ... 36
Querschnittsnachweis ... 40
Quersteife ... 51
Rotationskapazität ... 37
Scherbeanspruchung ... 55
Schnittgrößen ... 25
Schnittgrößenimport ... 25
Schraube ... 53, 58
Schraubenabstand ... 13
Schraubengruppe ... 52, 53
Schraubenraster ... 20, 22
Schraubensorte ... 11
Schraubenverbindung ... 55
Schreibtisch ... 6
Schreibtischauswahl ... 5
Schweißnaht ... 39, 71
Schweißverbindung ... 60
Senkschraube ... 58
Stahlgüte ... 11
Stahlsorte ... 73
Startsymbol ... 5
Steuerbutton ... 6
Stirnblech ... 52, 64
Stirnblechanschluss ... 15, 18
Stumpfnaht ... 61
Stützenflansch ... 51
Tragfähigkeit Bolzen ... 59
Tragfähigkeit Schraube ... 56
T-Stummel ... 35
T-Stummel Zug ... 62
T-Stummel Zug Tragfähigkeit ... 65
T-Stummelflansch ... 51, 52
Verfahren richtungsbezogenes ... 60
Verfahren vereinfachtes ... 60
Winkelanschluss geschraubt ... 15, 21
Winkelanschluss geschweißt ... 16, 23
Winkelschenkel geschweißt ... 45
Zugbeanspruchung ... 55