

 Bestelltext

... als pdf

- | | | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| • Eingabeoberfläche |  | • ... Imp. beidseitiger Anschluss |  | • Bez. Eingabeparameter |  |
| • Rechenlaufsteuerung |  | • ... Imp. einseitiger Anschluss |  | • Linienquerschnitt |  |
| • Hauptträger |  | • Ergebnisübersicht |  | • Stahlsorten |  |
| • Nebenträger |  | • Nachweise EC 3 |  | • Ausdrucksteuerung |  |
| • Schnittgrößen |  | • Nachweise DIN 18800 |  | • nationale EC-Anhänge |  |
| | | | | • DTE [®] -3D-Viewer |  |

ec3gt details.htm[04.01.2024 13:42:52]

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



Rechenlaufsteuerung

Im ersten Registerblatt wird der Ablauf der Berechnung festgelegt.

Außerdem können die Nachweisnorm und die Baustoffe ausgewählt werden.

Weiterhin wird der Anschlussstyp bestimmt.

Der aktuell definierte Anschluss wird in der Programmoberfläche maßstäblich skizziert und im 3D-Viewer detailgenau visualisiert.



Hauptträger

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

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. das Anschlussprofil (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

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. das Anschlussprofil (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.



Bemessungsschnittgrößen

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

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



3D-Viewer

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

Eine ausführliche Beschreibung seiner Funktionalität ist dem eigenständigen Programm zu entnehmen.



nationaler Anhang

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



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



Druckliste einsehen

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



Ausdruck

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



Planbearbeitung

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



Onlinehilfe

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



Eingabe beenden

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

Rechenlaufsteuerung



im Register 1 befinden sich die Angaben zu Rechenlaufsteuerung, Baustoffen, Anschlussstyp

Allgemeines

Das Programm **4H-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 Material-sicherheitsbeiwerte zu belegen.

Nach EC 3 können die Sicherheitsbeiwerte entweder dem nationalen **Anhang** entnommen oder direkt vorgegeben werden.

Nach DIN 18800 ist der Sicherheitsbeiwert in das Eigenschaftsblatt einzutragen.

Vorschrift	EC 3 (12.10)
Materialsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse (☒ genormte Werte)	
Beanspruchbarkeit von Querschnitten	γ_{M0} 1.00
Beanspruchbarkeit von Schrauben, Nieten, Bolzen, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung	γ_{M2} 1.25

Vorschrift	DIN 18800 (11.08)
Materialsicherheitsbeiwert	γ_M 1.10

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

► Daten exportieren (copy)
► Daten importieren (paste)

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.

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.

☒ einheitliche Stahlsorte für alle Verbindungsbleche

Stahlsorte

☐ Vorgabe

Da die Beschreibung der Stahlparameter für Verbindungen nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der **Stahlsorten** verwiesen.

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.

☒ einheitliche Schrauben für alle Verbindungselemente

Übergroßes oder Langloch: nur Nebenträger, nicht Verfahren nach ECCS

Schraubengröße

☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse

☐ Vorgabe

☐ normales Lochspiel

☐ übergroßes Loch

☒ Langloch horizontal

☐ Langloch vertikal

Lochlänge d_{lang}

mm

☐ Gewinde liegt in der Scherfuge

☒ Schaft liegt in der Scherfuge

Da die Beschreibung der Schraubenparameter für Verbindungen nach EC3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der **Schrauben** verwiesen.

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 anklicken.

Das externe **pcae**-Programm wird aufgerufen und ein Profil kann aktiviert werden.

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil



Profilname

Bei Verlassen des Profilmanagers werden die benötigten Daten übernommen und der Profilname protokolliert.

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, Flanscbreite 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.

☐ Profil aus Profilmanager

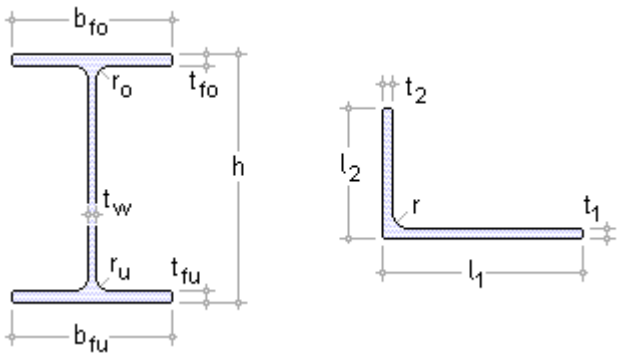
☒ parametrisiertes Stahlprofil

Profilklasse	I-Profil	
Profilhöhe	h	390.0 mm
Stegdicke	t _w	11.0 mm
Flanscbreite oben	b _{fo}	300.0 mm
Flanschdicke oben	t _{fo}	19.0 mm
Flanscbreite unten	b _{fu}	300.0 mm
Flanschdicke unten	t _{fu}	19.0 mm
☒ gewalztes Profil		
Ausrundungsradius	r	27.0 mm
☐ geschweißtes Profil		

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.



Anschlusstyp

Es werden vier Anschlusskonfigurationen unterschieden

- ☒ Stimplatte
- ☒ Fahnenblech
- ☐ Winkel geschraubt/geschraubt
- ☐ Winkel geschraubt/geschweißt

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.

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 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.

☒ Schraubenabstände überprüfen

☐ Nachweis ohne Kontaktpressung

☐ ohne Nachweisführung

Nachweis der Verbindung

☒ konventionelle Methode

☐ nach ECCS (Europäischer Standard)

☒ Nachweis der Schweißnähte

☒ mit dem richtungsbezogenen Verfahren

☐ mit dem vereinfachten Verfahren

☒ Querschnittsnachweis des Nebenträgers

☐ Verfahren 'Elastisch-Plastisch'

☒ Verfahren 'Elastisch-Elastisch'

☒ nur im Bereich von Ausklinkungen

- Beschreibung der Nachweise n. **EC 3**

• ... Nachweise n. **DIN 18800**

Hauptträger



Register 2 enthält Angaben zum Anschluss an den Hauptträger

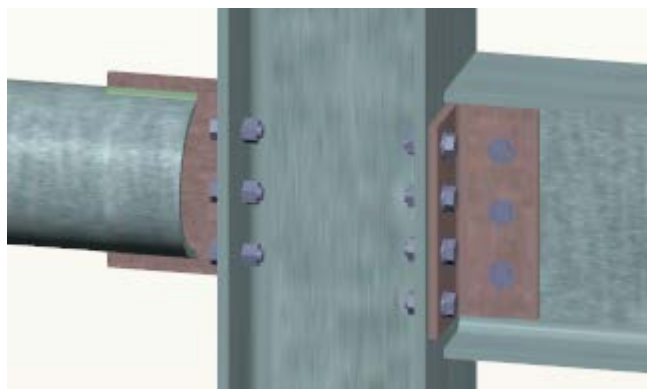
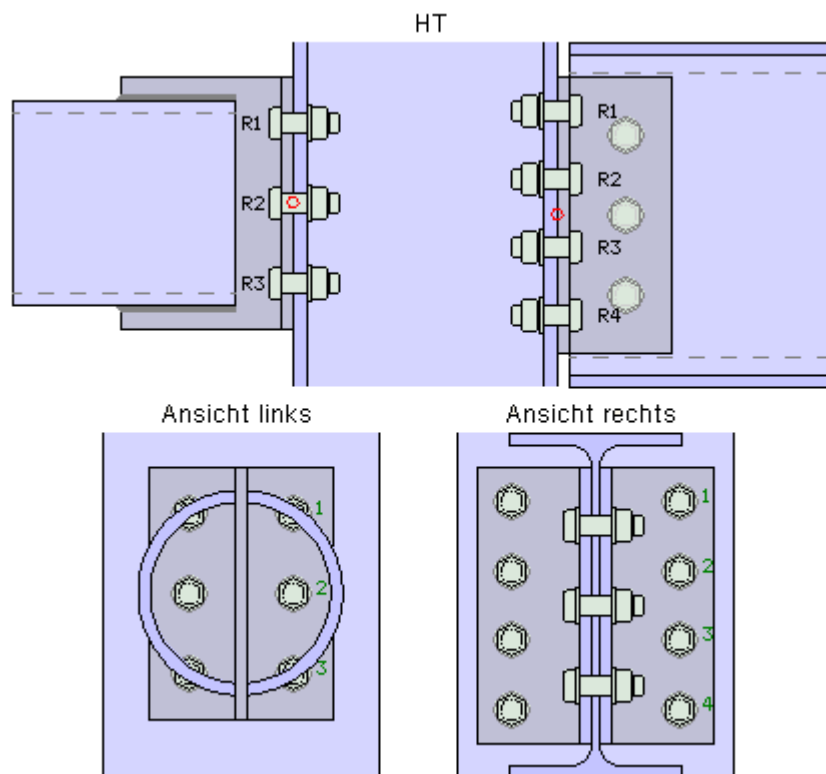
Anschlusskonfigurationen

Folgende Anschlusskonfigurationen werden angeboten (s. [Register 1](#))

- Stirnplattenanschluss (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. [Register 1](#), Profile) und

festgelegt, ob der Anschluss des Nebenträgers an den Steg oder die Flansche des Hauptträgers erfolgt.

Hauptträger

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil

Profilname

HE400A

Anschluss am

☐ Trägersteg

☒ Stützenflansch

☐ Blech

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

Stirnblechanschluss

Schrauben am Hauptträger

		links	rechts	
Anzahl der Schraubenreihen	n_z	2	4	
oberer Randabstand bezogen auf OK Anschlussblech	$e_{z,0}$	40.0	35.0	mm
vertikaler Schraubenabstand von oben	$p_{z,1-2}$	70.0	70.0	mm
	$p_{z,2-3}$		70.0	mm
	$p_{z,3-4}$		70.0	mm
unterer Randabstand bezogen auf UK Anschlussblech	$e_{z,n}$	40.0	35.0	mm
seitlicher Randabstand bezogen auf das Anschlussblech	$e_{x,0}$	35.0	35.0	mm
horizontaler Schraubenabstand	p_x	110.0	110.0	mm

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.

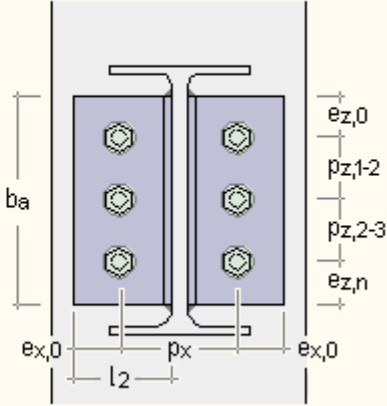
Mit *links* und *rechts* sind der linke und der rechte Nebenträgeranschluss bezeichnet.

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.

Fahnenblechanschluss

Schrauben am Hauptträger		links	rechts	
Anzahl der Schraubenreihen	n_z	2	4	
oberer Randabstand bezogen auf OK Anschlussblech	$e_{z,0}$	40.0	35.0	mm
vertikaler Schraubenabstand von oben	$p_{z,1-2}$	70.0	70.0	mm
	$p_{z,2-3}$		70.0	mm
	$p_{z,3-4}$		70.0	mm
unterer Randabstand bezogen auf UK Anschlussblech	$e_{z,n}$	40.0	35.0	mm
seitlicher Randabstand bezogen auf das Anschlussblech	$e_{x,0}$	35.0	35.0	mm
horizontaler Schraubenabstand	p_x	138.0	138.0	mm



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. [Register 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.

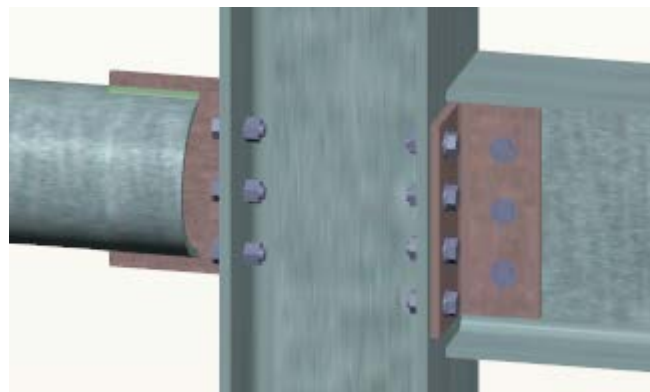
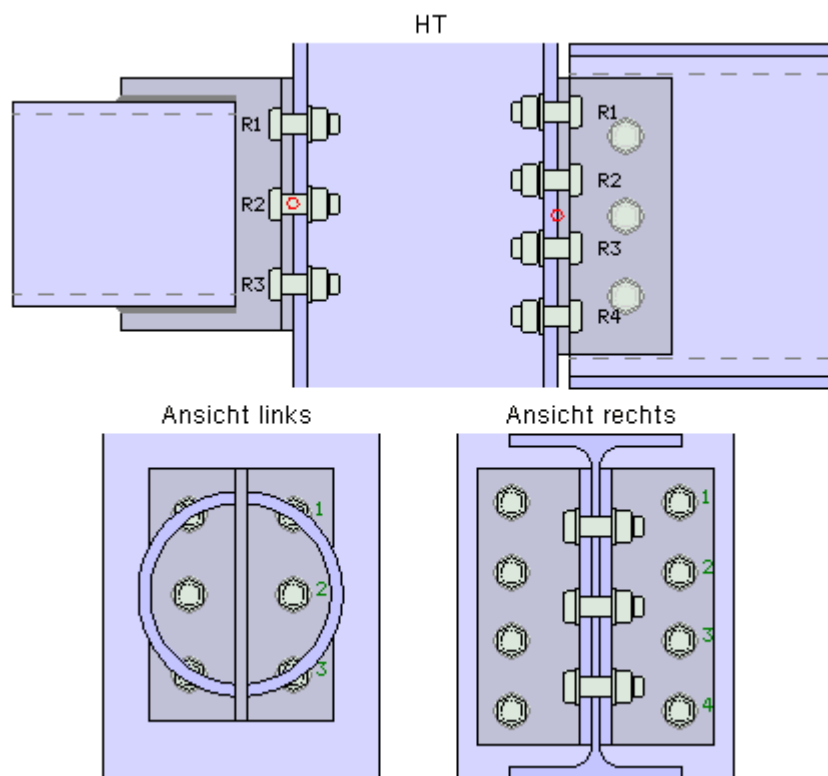
Anschlusskonfigurationen

Folgende Anschlusskonfigurationen werden angeboten (s. [Register 1](#))

- 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. **Register 1**, Profile).

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

Stirnblechanschluss

☒ Nebenträger rechts

☐ wie links

⊙ Profil aus Profilmanager

○ parametrisiertes Stahlprofil

Profilname

IPE300

Stirnblech

Blechdicke t_p 15.0 mm

Blechlänge l_p 210.0 mm

Blechbreite b_p 160.0 mm

Schweißnähte am Nebenträger

Nahtdicke a_w 8.0 mm

I-Profil

Konstruktion

☐ Anschluss mittig auf Nebenträger anordnen

h_o

0.0

mm

$\ddot{u}_o$

40.0

mm

$\ddot{u}_u$

30.0

mm

h_u

90.0

mm

s

15.0

mm

Ausklüpfung oben

e_o

60.0

mm

a_o

150.0

mm

Ausklüpfung unten

e_u

0.0

mm

a_u

0.0

mm

☒ Ausführung der Ausklüpfungen mit Bohrung

Bohrradius

r_b

8.5

mm

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 $\ddot{u}_o$ 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 $\ddot{u}_u$ 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. Ausklüpfungen (s.u.) auf dem Trägersteg liegt. Der Abstand $\ddot{u}_o$ 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 ausgeklüpfelt sein.

Eine Ausklüpfung 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 $\ddot{u}$ nicht überschreiten.

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

Die Ausklüpfungen 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.

Fahnenblechanschluss

☒ Nebenträger rechts

☐ wie links

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil

Profilname

IPE300

Fahnenblech

Blechdicke

t_F

10.0

mm

Blechlänge

l_F

160.0

mm

Blechbreite

b_F

210.0

mm

I-Profil

Konstruktion

☐ Anschluss mittig auf Nebenträger anordnen

h_o

0.0

mm

$\bar{u}_o$

60.0

mm

$\bar{u}_u$

30.0

mm

h_u

90.0

mm

s

20.0

mm

Ausklüpfung oben

e_o

60.0

mm

a_o

150.0

mm

Ausklüpfung unten

e_u

0.0

mm

a_u

0.0

mm

☐ Ausführung der Ausklüpfungen mit Bohrung

Ausrundungsradius

r_a

8.5

mm

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.

☒ Nebenträger rechts

☐ wie links

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil

Profilname

QR 100 x 100 x 10.0(w)

Fahnenblech

Blechdicke

t_F

15.0

mm

Blechbreite

b_F

160.0

mm

Blechlänge

l_F

100.0

mm

Konstruktion

☐ Anschluss mittig auf Nebenträger anordnen

h_o

70.0

mm

$\bar{u}_o$

-30.0

mm

$\bar{u}_u$

-30.0

mm

h_u

70.0

mm

s

40.0

mm

$a_{w,h}$

5.0

mm

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.

ec3gt_details.htm[04.01.2024 13:42:52]

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

Entsprechend wird der Abstand von UK Fahnenblech zu UK Nebenträger mit $\ddot{u}_u$ 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 $\ddot{u}_o$ 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 beim Anschluss an einen Trägersteg 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 $\ddot{u}$ 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.

Schrauben am Nebenträger

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

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 Nebenträggerrandabstand 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.

Winkelanschluss geschraubt / geschraubt

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

Wird ein Hohlprofil angeschlossen, ist $\ddot{u}_o$ negativ einzugeben.

Entsprechend wird der Abstand von UK Winkelprofil zu UK Nebenträger mit $\ddot{u}_u$ 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 $\ddot{u}_o$ 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 beim Anschluss an einen Trägersteg 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 $\ddot{u}$ 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.

Schrauben am Nebenträger

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

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 Nebenträgerabstand 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.

Winkelanschluss geschraubt / geschweißt

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 beim Anschluss an einen Trägersteg 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.

Schnittgrößen



das fünfte Register beinhaltet die Masken zur Eingabe der Bemessungsschnittgrößen

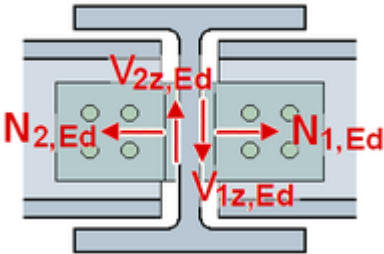
Die Schnittgrößen werden als Bemessungsgrößen in der Vorzeichendefinition der Statik eingegeben, wobei das x,y,z-Koordinatensystem dem l,m,n-System der **pcae**-Tragwerksprogramme entspricht.

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		nur Fahnenblech	rechts		nur Fahnenblech	Bezeichnung
	$N_{2,Ed}$ kN	$V_{2z,Ed}$ kN	$V_{2y,Ed}$ kN	$N_{1,Ed}$ kN	$V_{1z,Ed}$ kN	$V_{1y,Ed}$ kN	
1:	80.00	10.00	0.00	50.00	90.00	0.00	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.

Schnittgrößen aus Programm importieren



Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen



• Import aus einem 4H-Programm

Voraussetzung zur Anwendung des DTE[®]-Import-Werkzeugs ist, dass sich ein **pcae**-Programm auf dem Rechner

befindet, das Ergebnisdaten exportieren kann.

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

- ... für den Import bei **beidseitigen Anschlüssen**
- ... für den Import bei **einseitigen Anschlüssen**

• 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.

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 zugehörigen 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.

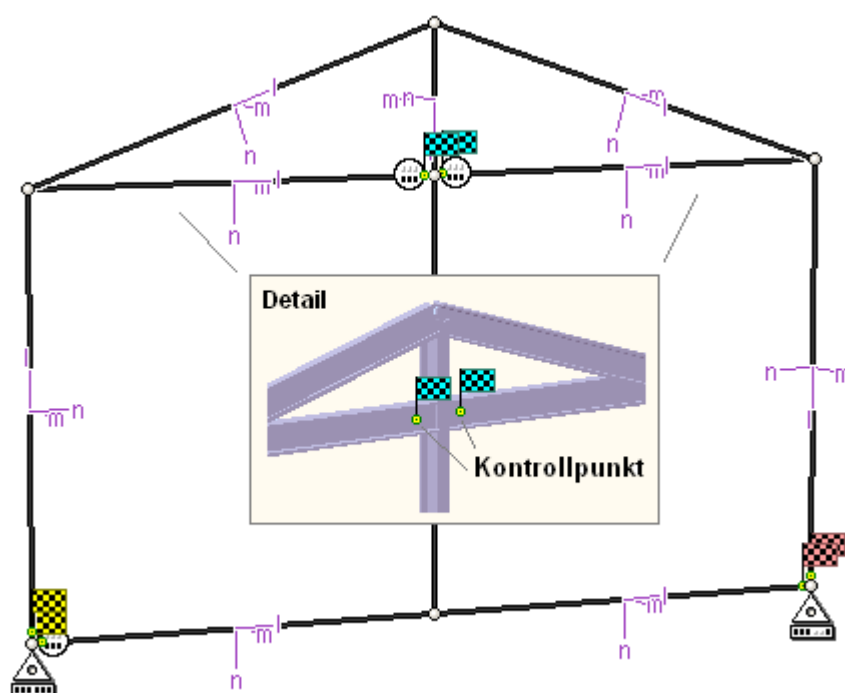
- zum anderen können Detailprogramme Schnittgrößen von in Tragwerksprogrammen speziell festgelegten Exportpunkten über ein zwischengeschaltetes Export/Import-Tool einlesen.

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[®]-**Schnittgrößenexport**.
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** aufgerufen

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

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

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

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.**

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

	Export Bsp.	3D-Stabtragwerk
	FRAP 2 EC3BT	Detailnachweise
	FRAP 2 EC3BT	3D-Stabtragwerk
	Gelenk.Anschl.	Detailnachweise
	Grundkomponenten	Detailnachweise
	Grundkomponenten Bsp.	Detailnachweise
	Grundkomponenten Bsp. L	Detailnachweise

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 *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.

		Schnitt 5: Stab 6 bei s = 3.00 m		Stütze 2 unten Material: Stahlbeton, Querschnitt: Rechteck mit b=300
nicht identifiziert		Schnitt 6: Stab 8 bei s = 3.00 m		Riegel rechts Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE300
nicht identifiziert		Schnitt 7: Stab 10 bei s = 3.00 m		Gelenk, linker Träger Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE300
Träger (rechts)		Schnitt 8: Stab 12 bei s = 0.00 m		Gelenk, rechter Träger Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE300

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.

Träger (rechts)		Schnitt 8: Stab 12 bei s = 0.00 m					
Gelenk, rechter Träger							
Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE300							
		N	V _η	V _ζ	T	M _η	M _ζ
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
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
Lastkollektiv 2: Lastkollektiv 2		297.66	0.00	-7.82	0.00	0.00	0.00
Lastkollektiv 3: Lastkollektiv 3		337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00
Zusammenfassung Nachweis 3							
min N		297.66	0.00	-7.82	0.00	0.00	0.00
max N		337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00
min V _η		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
max V _η		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
min V _ζ		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
max V _ζ		337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00
min T		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
max T		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
min M _η		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
max M _η		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
min M _ζ		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
max M _ζ		307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00
Träger (links)		Schnitt 7: Stab 10 bei s = 3.00 m					

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	V _η	V _ζ	T	M _η	M _ζ	N	V _η	V _ζ	T	M _η	M _ζ
307.49	0.00	-9.29	0.00	0.00	0.00	127.40	0.00	-0.53	0.00	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	0.00
337.15	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00	189.48	0.00	-1.15	0.00	0.00	0.00

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

Es wurden zu den ausgewählten Extremalwerten die jeweils zugehörigen Schnittgrößen ermittelt.
Sollen doppelte Zeilen gelöscht werden?

nein

ja

Das aufnehmende Programm bestückt nun die Schnittgrößentabelle.

links		rechts		Bezeichnung	
N _{2,Ed} kN	V _{2,Ed} kN	N _{1,Ed} kN	V _{1,Ed} kN		
 	127.40	-0.53	307.49	-9.29	Lk 1
 	189.48	-1.15	337.15	-7.00	max U _ζ
					

 Zeile löschen
 Zeile duplizieren
 neue Zeile anhängen

Bei der Übernahme erfolgen Plausibilitätschecks und ggf. Meldungen.



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

Schnittgrößenimport bei Querschnittsbemessung / einseitigem Anschluss

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

Bei der Beschreibung eines Details sind die zugehörigen Schnittgrößen aus den Berechnungsergebnissen des Tragsystems zu extrahieren und dem Detailnachweis zuzuführen.

In der 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 auch 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.

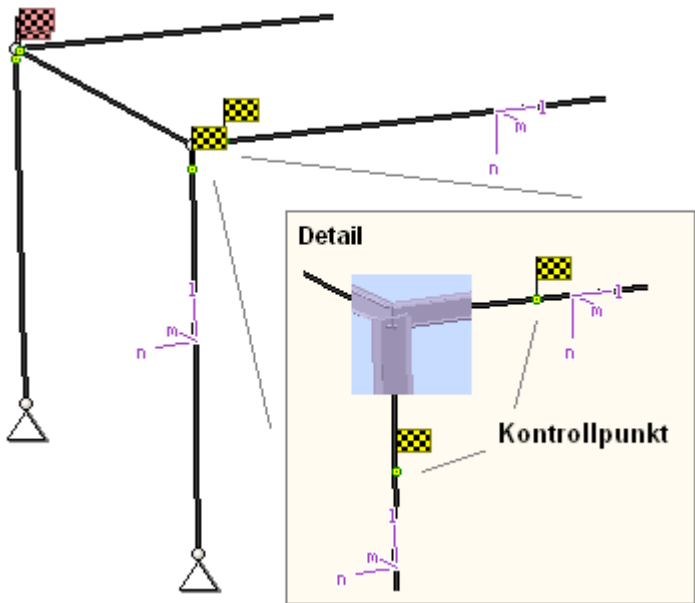
Zunächst sind im exportierenden 4H-Programm (z.B. 4H-FRAP) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.

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

Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

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

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-BETON, 4H-EC3SA, 4H-EC3IH, 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.

☒	Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m	Stahlriegel, Anschnitt, Anschluss 1
☒	Schnitt 2: Stab 5 bei s = 0.00 m	Stahlriegel, Anschluss 2
☒	Schnitt 3: Stab 7 bei s = 2.00 m	Stahlbetonriegel
☒	Schnitt 4: Stab 9 bei s = 4.00 m	Stahlstütze, Anschluss 2
☒	Schnitt 5: Stab 10 bei s = 3.88 m	Stahlstütze, Anschnitt, Anschluss 1
☒	Schnitt 6: Stab 11 bei s = 0.00 m	Stahlbetonstütze

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

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

DTE - Schnittgrößenauswahl						
Es sind 2 Schnittgrößenkombinationen von maximal 10000 ausgewählt						
☒ Schnitt 1: Stab 3 bei s = 0.18 m						
Stahlriegel, Anschnitt, Anschluss 1						
Material: Stahl, Querschnitt: Profil: IPE240						
	N	Vm	Vn	T	Mm	Mn
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
☒ Lastfallergebnisse						
☒ Nachweis 2: Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)						
☒ Nachweis 3: EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)						
☒ Lastkollektive						
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
☒ Zusammenfassung Nachweis 3						
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 Vn	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Vn	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
min Vz	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
max Vz	-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 Mn	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Mn	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
min Mz	-21.38	0.80	-5.03	0.00	-38.81	4.03
max Mz	-15.77	25.04	-24.35	-0.01	34.53	17.40
☒ Schnitt 2: Stab 3 bei s = 4.00 m						
☒ Schnitt 3: Stab 5 bei s = 0.00 m						

Bild vergrößern

Das Programm 4H-EC3GT importieren nur einen auf Normal- und Querkkräfte reduzierten Schnittgrößensatz.

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.

	N_{Ed} kN	M_{y,Ed} kNm	V_{z,Ed} kN	M_{z,Ed} kNm	V_{y,Ed} kNm	nur für o, D-Profile M_{x,Ed} kNm	Bezeichnung
	-18.34	-2.76	-14.44	13.43	15.66	-0.00	min N
	-15.93	34.14	-24.26	17.91	25.18	-0.01	max N
	-17.44	-28.68	-7.61	4.33	0.88	0.00	min V _n

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!

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 geprüft werden.

Nachweise nach 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.

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

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

Damit ergibt sich für jeden Punkt bzw. jede Schraube i

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

$T_{y,i}, T_{z,i}$... Kräfte in den Koordinatenrichtungen
 T_i resultierende Kraft der Schraube i

Im Programm kann die Berechnung des Punktequerschnitts eingesehen werden.

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 $\alpha = 45^\circ$, für eine mehrreihige mit $\alpha = 60^\circ$ angenommen wird

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

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.

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

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

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

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

$$V_{Rd} < \min \{ V_{Rd,1} ; V_{Rd,7} \}$$
$$V_{Rd} > \min \{ V_{Rd,2} ; V_{Rd,8} \}$$

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.

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.

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 [Gk 12](#), Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung.

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

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

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

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

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

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

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

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

$\dots$ und $M_y = V_z \cdot b_y \quad \dots$ und $M_x = V_z \cdot b_x \quad \dots$ und $\sigma_v = f_y / \gamma_{M0} \quad \dots$ 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

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

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

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

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.

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, bzw. [Gk 5](#), Stirnblech mit Biegung.

Blech mit Zug

Die Tragfähigkeit eines Blechs mit Zug wird berechnet zu

$$N_{Rd,brut} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \dots\dots\dots \text{brutto}$$
$$N_{Rd,net} = 0.9 \cdot \frac{A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \dots \text{netto}$$

A

Querschnittsfläche

A_{net}

Netto-Querschnittsfläche

Nachweis der Schweißnähte

Die Schweißnähte werden über den [Linienquerschnitt](#) nachgewiesen.

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.

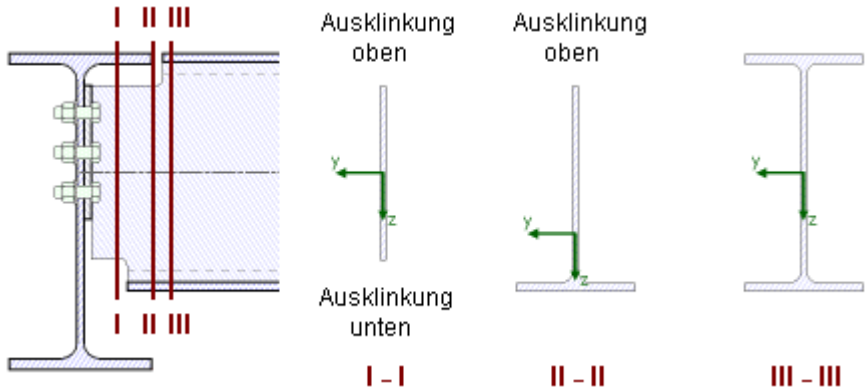
Maßgebende Schnitte liegen am Beginn der Ausklinkungen (s. Schnitte I-I oder II-II).

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.



Nachweis des Stirplattenanschlusses

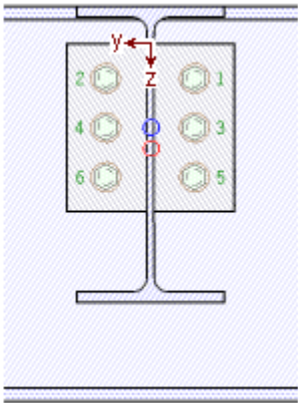
Der Momentennullpunkt (Gelenk, rot gekennzeichnet) wird in Höhe der Nebenträgerachse in der Kontaktebene Stirplatte / Hauptträger angenommen. Hier wirken die eingegebenen Schnittgrößen.

Der Drehpunkt (blau gekennzeichnet) liegt in Höhe des Schwerpunkts des Schraubenbildes in der Kontaktebene Stirplatte / 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 $y_s' = 0.0 \text{ mm}$, $z_s' = 85.0 \text{ mm}$
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 6$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \sum y_i'^2 + \sum z_i'^2 = 221.50 \text{ cm}^2$
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 0.0 \text{ kN}$, $V_z' = 80.0 \text{ kN}$, $M_x' = 0.00 \text{ kNm}$
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: $T_1 = T_{z,1} = 13.33 \text{ kN}$
Punkt 2: $T_2 = T_{z,2} = 13.33 \text{ kN}$
Punkt 3: $T_3 = T_{z,3} = 13.33 \text{ kN}$
Punkt 4: $T_4 = T_{z,4} = 13.33 \text{ kN}$
Punkt 5: $T_5 = T_{z,5} = 13.33 \text{ kN}$
Punkt 6: $T_6 = T_{z,6} = 13.33 \text{ kN}$



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: $\alpha_v = 0.6$, $A = 2.01 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 38.60 \text{ kN}$, $f_{ub} = 400.0 \text{ N/mm}^2$

Schraube 1: $U_1 = T_1 / F_{v,Rd} = 13.33 / 38.60 = 0.345$

Schraube 2:

max $U_i = 0.345$

Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 231.6 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Lochleibung:

Schraube 1: Lochleibungswiderstand: $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 74.67 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.65$

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: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 448.0 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung: analog

max $U_i = 0.199$

Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = V_{1,Ed} / \max U_i = 401.8 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Zug und Schub (Blockversagen):

Zug: $A_{nt} = 2 \cdot t_p \cdot b_{net} = 6.20 \text{ cm}^2$, $b_{net} = e_{x,0} - d_0/2 = 31.0 \text{ mm}$

Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 9.00 \text{ cm}^2$, $h_{net} = l_p - e_{z,0} - (n_z - 0.5) \cdot d_0 = 90.0 \text{ mm}$, $e_{z,0} = 35.0 \text{ mm}$

symmetrisch angeordnete Schraubengruppe unter zentrischer Belastung:

Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 300.67 \text{ kN}$, $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot V_{eff,Rd} = 601.3 \text{ kN}$

Stirnplatte mit Biegung und Schub:

$b' = (w' - t_w) / 2 = 41.5 \text{ mm}$, $w' = 2 \cdot e_{x,n} + (n_x / 2 - 1) \cdot p_x = 90.0 \text{ mm}$, $A = l_p \cdot t_p \cdot 2/3 = 11.33 \text{ cm}^2$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2)^{1/2} = 273.08 \text{ kN}$

mit $W_{el} = 48.17 \text{ cm}^3$, $b' = 41.5 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y / \gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 153.77 \text{ kN}$

mit $A' = 11.33 \text{ cm}^2$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = 2 \cdot \min(273.08, 153.77) = 307.5 \text{ kN}$

Trägersteg mit Schub (neben der Schweißnaht):

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 163.76 \text{ kN}$ mit $A_v = h \cdot t = 12.07 \text{ cm}^2$, $h = 170.0 \text{ mm}$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,6} = 163.8 \text{ kN}$

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

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 $y_s' = 65.0 \text{ mm}$, $z_s' = 90.0 \text{ mm}$

Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 6$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \sum y_i'^2 + \sum z_i'^2 = 181.50 \text{ cm}^4$

Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 0.0 \text{ kN}$, $V_z' = 80.0 \text{ kN}$, $M_x' = 6.00 \text{ kNm}$

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: $T_{y,1} = 19.83 \text{ kN}$ $T_{z,1} = 5.07 \text{ kN}$ $T_1 = 20.47 \text{ kN}$

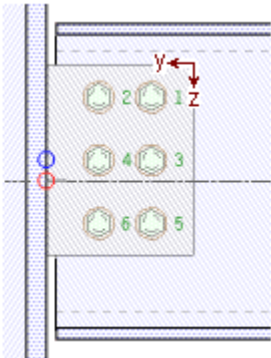
Punkt 2: $T_{y,2} = 19.83 \text{ kN}$ $T_{z,2} = 21.60 \text{ kN}$ $T_2 = 29.32 \text{ kN}$

Punkt 3: $T_{y,3} = -0.00 \text{ kN}$ $T_{z,3} = 5.07 \text{ kN}$ $T_3 = 5.07 \text{ kN}$

Punkt 4: $T_{y,4} = -0.00 \text{ kN}$ $T_{z,4} = 21.60 \text{ kN}$ $T_4 = 21.60 \text{ kN}$

Punkt 5: $T_{y,5} = -19.83 \text{ kN}$ $T_{z,5} = 5.07 \text{ kN}$ $T_5 = 20.47 \text{ kN}$

Punkt 6: $T_{y,6} = -19.83 \text{ kN}$ $T_{z,6} = 21.60 \text{ kN}$ $T_6 = 29.32 \text{ kN}$



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: $\alpha_v = 0.6$, $A = 2.01 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 38.60 \text{ kN}$, $f_{ub} = 400.0 \text{ N/mm}^2$

Schraube 1: $U_1 = T_1 / (1 \cdot F_{v,Rd}) = 0.530$

Schraube 2:

Gesamt: $\max U_i = 0.760$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 105.3 \text{ kN}$

Fahnenblech mit Lochleibung:

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 67.24 \text{ kN}$, $k_1 = 2.19$, $\alpha_b = 0.56$

vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / (1 \cdot F_{b,Rd}) = 0.075$

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 93.44 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.68$

horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / (1 \cdot F_{b,Rd}) = 0.212$

Schraube 2:

Gesamt: $\max U_i = 0.321$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 249.1 \text{ kN}$

Fahnenblech mit Zug und Schub (Blockversagen):

Zug: $A_{nt} = t_p \cdot b_{net} = 7.56 \text{ cm}^2$, $b_{net} = 63.0 \text{ mm}$

Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 12.60 \text{ cm}^2$, $h_{net} = 105.0 \text{ mm}$

Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung:

Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 279.82 \text{ kN}$, $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 279.8 \text{ kN}$

Fahnenblech mit Biegung und Schub:

Nachweis am Nebenträger bei $b' = 10.0 \text{ mm}$ (einschl. Exzentrizitätsmoment)

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2)^{1/2} = 1522.80 \text{ kN}$

mit $W_{el} = 64.80 \text{ cm}^3$, $b' = 10.0 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y / \gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A' + h' / W_t)^2)^{1/2} = 75.39 \text{ kN}$

mit $A' = 14.40 \text{ cm}^2$, $W_t = 8.64 \text{ cm}^3$, $h' = 9.6 \text{ mm}$

Nachweis in der ersten vertikalen Schraubenreihe (maßgebende Risslinie bei $b' = 50.0 \text{ mm}$)

Querschnittswerte bei Lochabzug: $W_{el} = 51.33 \text{ cm}^3$, $A = 19.44 \text{ cm}^2$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2)^{1/2} = 241.26 \text{ kN}$

mit $W_{el} = 51.33 \text{ cm}^3$, $b' = 50.0 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y / \gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A' + h' / W_t)^2)^{1/2} = 72.29 \text{ kN}$

mit $A' = 12.96 \text{ cm}^2$, $W_t = 8.64 \text{ cm}^3$, $h' = 9.6 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 1 \cdot \min(241.26, 75.39, 1522.80, 72.29) = 72.3 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung: analog Fahnenblech

Gesamt: $\max U_i = 0.359$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = V_{1,Ed} / \max U_i = 223.0 \text{ kN}$

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

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

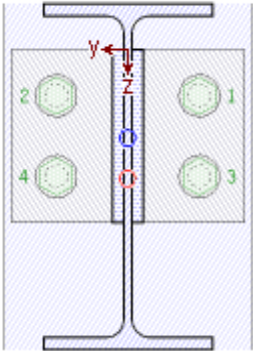
Am Hauptträger können beliebig viele Schraubenreihen mit einer Schraube je Reihe je Winkel angeord werden.

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 $b_D = 10.8\text{ mm}$, $h_D = 10.1\text{ mm}$, $A_D = b_D \cdot h_D = 1.10\text{ cm}^2$
mit $b_D = t_2 + t_1/\tan(\alpha) + r \cdot (1 - 1/\sin(\alpha) + 1/\tan(\alpha)) - s = 10.85\text{ mm}$ ($\alpha = 60^\circ$)
Druckkraft in der Kontaktfläche $D = \sum T_{y,i} = 6.43 + 19.30 = 25.73\text{ kN}$
Kontrolle: $D / (A_D \cdot f_{y,d}) = 25.73 / (1.10 \cdot 23.5) = 0.999 < 1$ **ok** $\Rightarrow$ Kontaktpressung vorhanden



Berechnung des Punktequerschnitts:

Querschnittsfläche bzgl. Kontaktpunkt $A' = n_x \cdot n_z = 2$,
polares Trägheitsmoment $I_p' = \sum y_i^2 + \sum z_i^2 = 122.36\text{ cm}^2$
Schwerpunktskoordinaten bzgl. Kontaktpunkt $y_s' = 63.5\text{ mm}$, $z_s' = 75.0\text{ mm}$
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 0.0\text{ kN}$, $V_z' = 37.5\text{ kN}$, $M_x' = -2.25\text{ kNm}$
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: $T_{y,1} = 6.43\text{ kN}$ $T_{z,1} = 18.75\text{ kN}$ $T_1 = 19.82\text{ kN}$
Schraube 2: $T_{y,2} = 19.30\text{ kN}$ $T_{z,2} = 18.75\text{ kN}$ $T_2 = 26.91\text{ kN}$

Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:

Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 3.14\text{ cm}^2$
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32\text{ kN}$, $f_{ub} = 400.0\text{ N/mm}^2$
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: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 168.1\text{ kN}$

Winkelschenkel 2 mit Lochleibung:

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

Winkelschenkel 2 mit Schub:

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

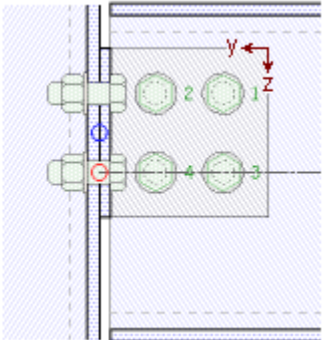
Querkrafttragfähigkeit: $\min V_{Rd,a2} = V_{Rd,1} = 168.1\text{ kN}$

Winkelschenkel am Nebenträger (geschraubt)

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

Berechnung des Punktequerschnitts:

Schwerpunktskoordinaten $y_s' = 70.0\text{ mm}$, $z_s' = 75.0\text{ mm}$
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 4$,
polares Trägheitsmoment $I_p' = \sum y_i^2 + \sum z_i^2 = 85.00\text{ cm}^2$
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = -0.0\text{ kN}$, $V_z' = 75.0\text{ kN}$, $M_x' = 6.00\text{ kNm}$
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: $T_{y,1} = 24.71\text{ kN}$ $T_{z,1} = -2.43\text{ kN}$ $T_1 = 24.82\text{ kN}$
Punkt 2: $T_{y,2} = 24.71\text{ kN}$ $T_{z,2} = 39.93\text{ kN}$ $T_2 = 46.95\text{ kN}$
Punkt 3: $T_{y,3} = -24.71\text{ kN}$ $T_{z,3} = -2.43\text{ kN}$ $T_3 = 24.82\text{ kN}$
Punkt 4: $T_{y,4} = -24.71\text{ kN}$ $T_{z,4} = 39.93\text{ kN}$ $T_4 = 46.95\text{ kN}$



Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt

Schrauben mit Abscheren:

Schraubenkategorie A:

Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 3.14 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32 \text{ kN}$, $f_{ub} = 400.0 \text{ N/mm}^2$

Schraube 1: $U_1 = T_1 / (2 \cdot F_{v,Rd}) = 0.206$

Schraube 2:

Gesamt: $\max U_i = 0.389$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = V_{1,Ed} / \max U_i = 192.7 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Lochleibung:

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 73.94 \text{ kN}$, $k_1 = 2.12$, $\alpha_b = 0.61$

vertikal: $U_{z,1} = T_{z,1} / (2 \cdot F_{b,Rd}) = 0.016$

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 87.27 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.61$

horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / (2 \cdot F_{b,Rd}) = 0.142$

Schraube 2:

Gesamt: $\max U_i = 0.270$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = V_{1,Ed} / \max U_i = 277.8 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Zug und Schub (Blockversagen):

Zug: $A_{nt} = t_p \cdot b_{net} = 6.70 \text{ cm}^2$, $b_{net} = 67.0 \text{ mm}$

Schub: $A_{nv} = t_p \cdot h_{net} = 7.70 \text{ cm}^2$, $h_{net} = 77.0 \text{ mm}$

Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung:

Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 200.95 \text{ kN}$, $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 2 \cdot V_{eff,Rd} = 401.9 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Biegung und Schub:

Nachweis am Nebenträger bei $b' = 10.0 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2)^{1/2} = 881.25 \text{ kN}$

mit $W_{el} = 37.50 \text{ cm}^3$, $b' = 10.0 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y / \gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 135.68 \text{ kN}$

mit $A' = 10.00 \text{ cm}^2$

Nachweis in der ersten vertikalen Schraubenreihe (maßgebende Risslinie bei $b' = 50.0 \text{ mm}$)

Querschnittswerte bei Lochabzug: $W_{el} = 30.71 \text{ cm}^3$, $A = 12.80 \text{ cm}^2$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\sigma} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2)^{1/2} = 144.33 \text{ kN}$

mit $W_{el} = 30.71 \text{ cm}^3$, $b' = 50.0 \text{ mm}$

Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,\tau} = f_y / \gamma_{M0} / (3 \cdot (1/A')^2)^{1/2} = 115.78 \text{ kN}$

mit $A' = 8.53 \text{ cm}^2$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot \min(144.33, 135.68, 881.25, 115.78) = 231.6 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung: analog Winkelschenkel 1

Gesamt: $\max U_i = 0.569$

Querkrafttragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = V_{1,Ed} / \max U_i = 131.9 \text{ kN}$

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

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.

$$l_1 > s + \max\{a_{0j}, a_{u}\} + r_b$$

- 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

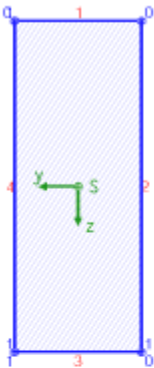
und unterhalb des Winkelschenkels ergibt sich zu

$$l_{eff} = l_1 - s - \max \{ a_{0j} a_u \} - r_b$$

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:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 90.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 234.5 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 90.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 3.0 \text{ mm}$	$l_w = 234.5 \text{ mm}$ (Stirnschweißnaht)

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$V_{z,Ed} = 37.50 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 27.76 \text{ cm}^2$, $A_{w,y} = 9.00 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 18.76 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 64.9 \text{ cm}$
 $I_{w,y} = 2096.05 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 424.53 \text{ cm}^4$, $W_{w,t} = 126.61 \text{ cm}^3$, $\Delta y_w = -7.6 \text{ mm}$, $\Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$
aus konventioneller Querkraftaufteilung: $V_{z,w} = 37.50 \text{ kN}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

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

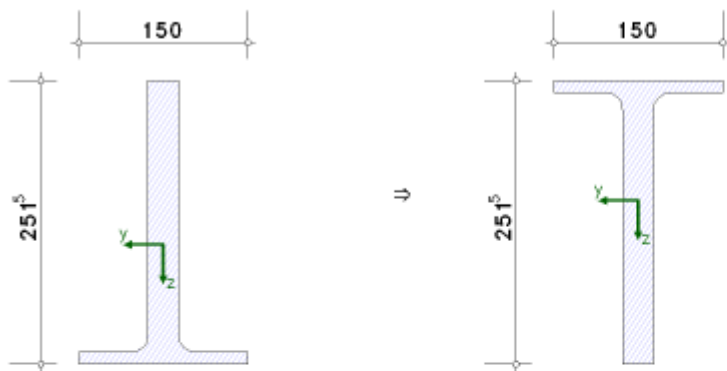
Ergebnis:

Naht 2,	Pkt. 0:	$\tau_{w,z} = 19.99 \text{ N/mm}^2$	
	Max:	$\sigma_{1,w,Ed} = 3.46 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.096 < 1$ 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 $t_1 = 27.1 \text{ mm}$
 Nachweis bei $\Delta x = 104.3 \text{ mm}$ (bez. auf die HT-Achse) mit Ausklinkung



$M_{Ed} = M_{1,Ed} + V_{1,Ed} \cdot \Delta x = -7.50 \text{ kNm}$, $\Delta x = 104.3 \text{ mm}$

Profilquerschnitt an der y-Achse gespiegelt $\Rightarrow$

Schnittgrößen bezogen auf den Schwerpunkt

elastischer Querschnittsnachweis für $M_y = 7.50 \text{ kNm}$, $V_z = 75.00 \text{ kN}$

elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 2.10 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -1.54 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 1.05 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 2.63 \text{ kN/cm}^2$

$\max \sigma_x$ bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = 145.2 \text{ mm}$: $\sigma_x = 2.10 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = -0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 2.10 \text{ kN/cm}^2$

$\min \sigma_x$ bei $y = 75.0 \text{ mm}$, $z = -106.3 \text{ mm}$: $\sigma_x = -1.54 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 1.54 \text{ kN/cm}^2$

$\max \tau$ bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = -100.9 \text{ mm}$: $\sigma_x = -1.46 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 1.05 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 2.33 \text{ kN/cm}^2$

$\max \sigma_v$ bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = -2.5 \text{ mm}$: $\sigma_x = -0.04 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = -1.52 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 2.63 \text{ kN/cm}^2$

zul. Vergleichsspannung: $\text{zul } \sigma_v = 23.50 \text{ kN/cm}^2$

Nachweis: $\sigma_v = 2.63 \text{ kN/cm} < \text{zul } \sigma_v = 23.50 \text{ kN/cm} \Rightarrow U_{\sigma v} = 0.112 < 1$ **ok.**

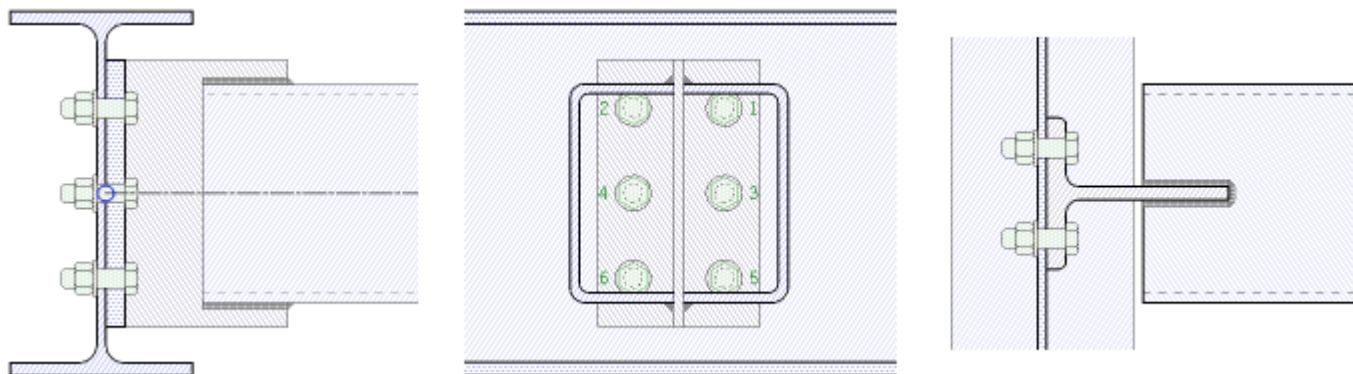
Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.112 < 1$ **ok.**

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

'Winkel'-Anschluss eines Hohlprofils

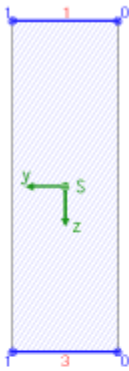
Der Anschluss eines Hohlprofils erfolgt nicht über zwei Winkel, sondern über ein T-Profil. Das Hohlprofil wird vertikal geschlitzt, auf den Steg des T-Profiles geschoben und mit ihm verschweißt.

Die Schweißnähte zwischen Hohlprofil und Steg werden nachgewiesen.



Im Folgenden wird der Schweißnahtnachweis exemplarisch dargestellt.

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1: $a_w = 4.0 \text{ mm}$ $l_w = 70.0 \text{ mm}$
Naht 3: $a_w = 4.0 \text{ mm}$ $l_w = 70.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$V_{z,Ed} = 75.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 5.60 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 14.0 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 677.60 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 22.87 \text{ cm}^4$, $\Delta y_w = 0.0 \text{ mm}$, $\Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$

Schnittgrößenverteilung:

Naht 1: $V_{z,w} = 37.50 \text{ kN}$

Naht 3: $V_{z,w} = 37.50 \text{ kN}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.644 < 1 \text{ ok}$

Pkt. 1: $\tau_{w,z} = 133.93 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.644 < 1 \text{ ok}$

Naht 3, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.644 < 1 \text{ ok}$

Pkt. 1: $\tau_{w,z} = 133.93 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.644 < 1 \text{ ok}$

Ergebnis:

Naht 1, Pkt. 0: $\tau_{w,z} = 133.93 \text{ N/mm}^2$

Max: $F_{w,Ed} = 5.36 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U_w = 0.644 < 1 \text{ ok}$

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.

Nachweise nach DIN 18800

Allgemeines

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

- geschweißten Winkelanschlüssen
- geschraubten Winkelanschlüssen
- Stirnplattenanschlüssen
- Fahnenblechanschlüssen

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.

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.

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.

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.

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 Träger 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.

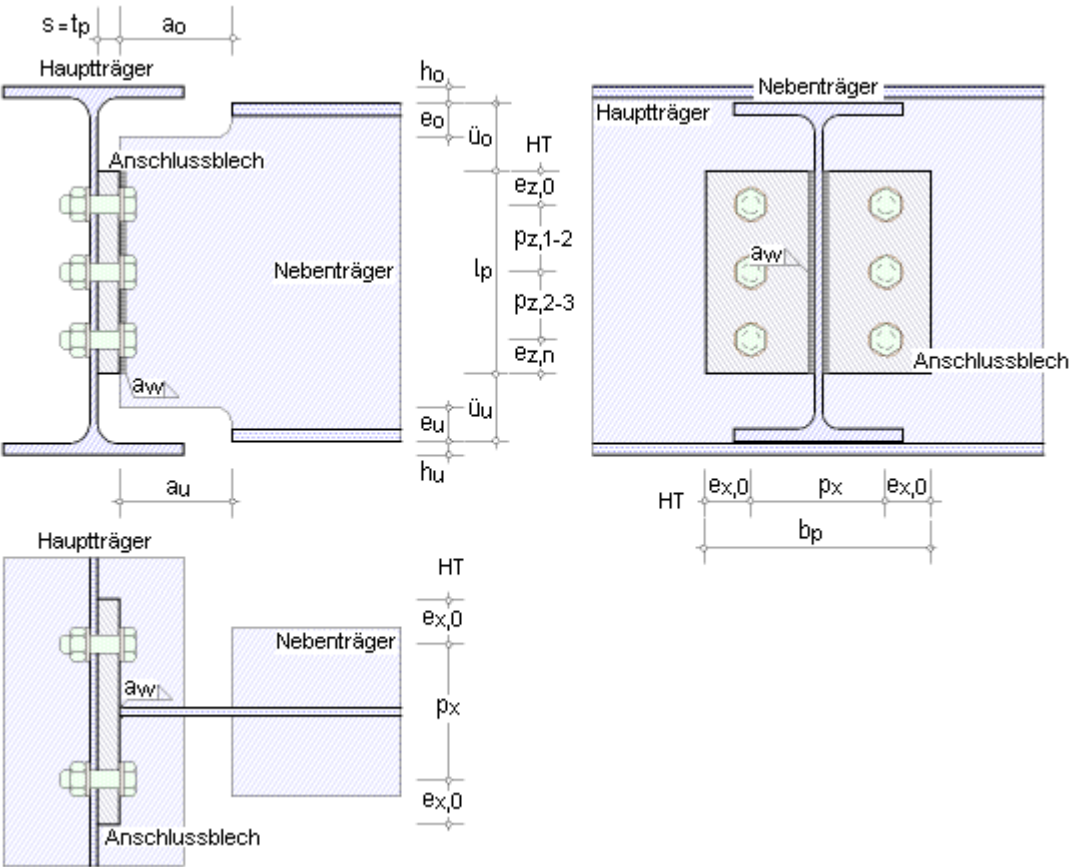
• **Nachweis der Schrauben**

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.

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

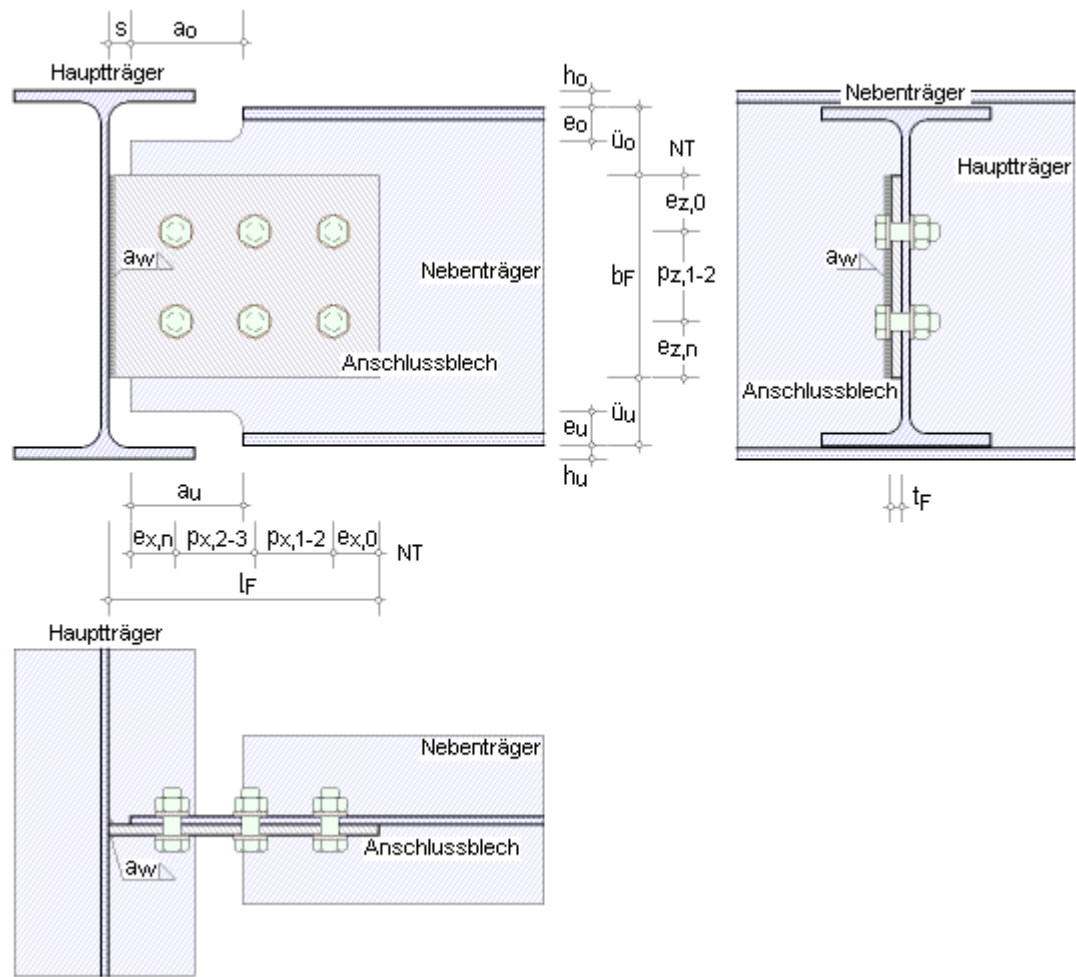
Die Darstellungen der Anschlusstypen beziehen sich auf eine Träger-Träger-Verbindung, sie gelten für die Träger-Stützenverbindung analog.

Stirnblechanschluss

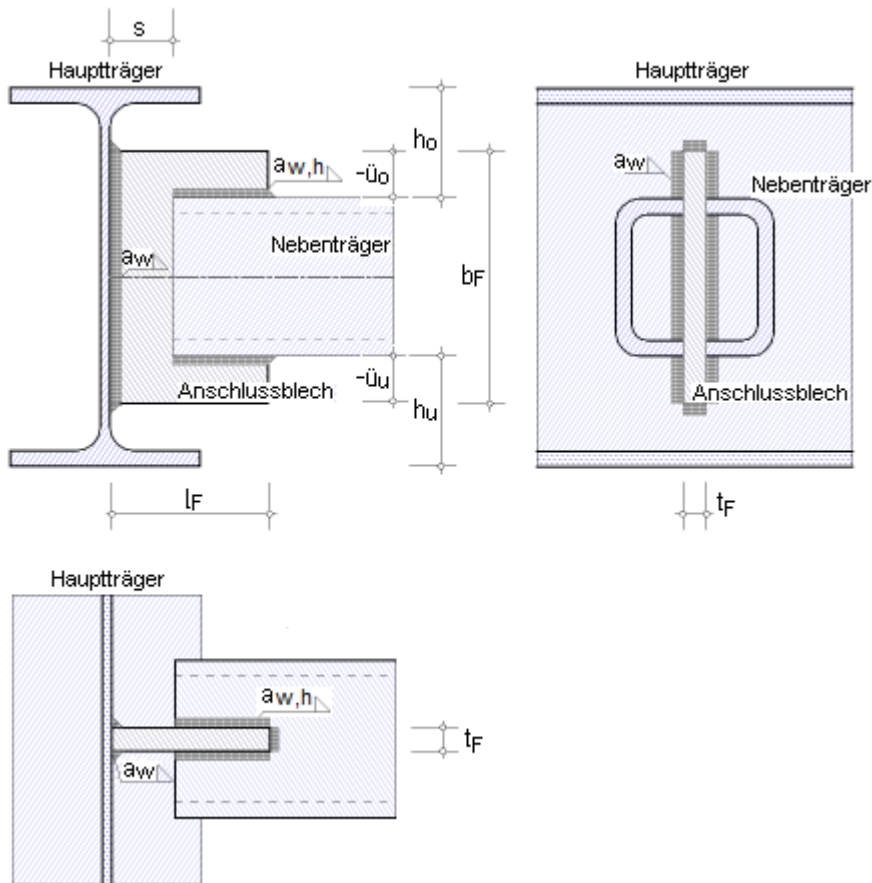


Fahnenblechanschluss

Anschluss eines Doppel-T-Profiles oder Blechs

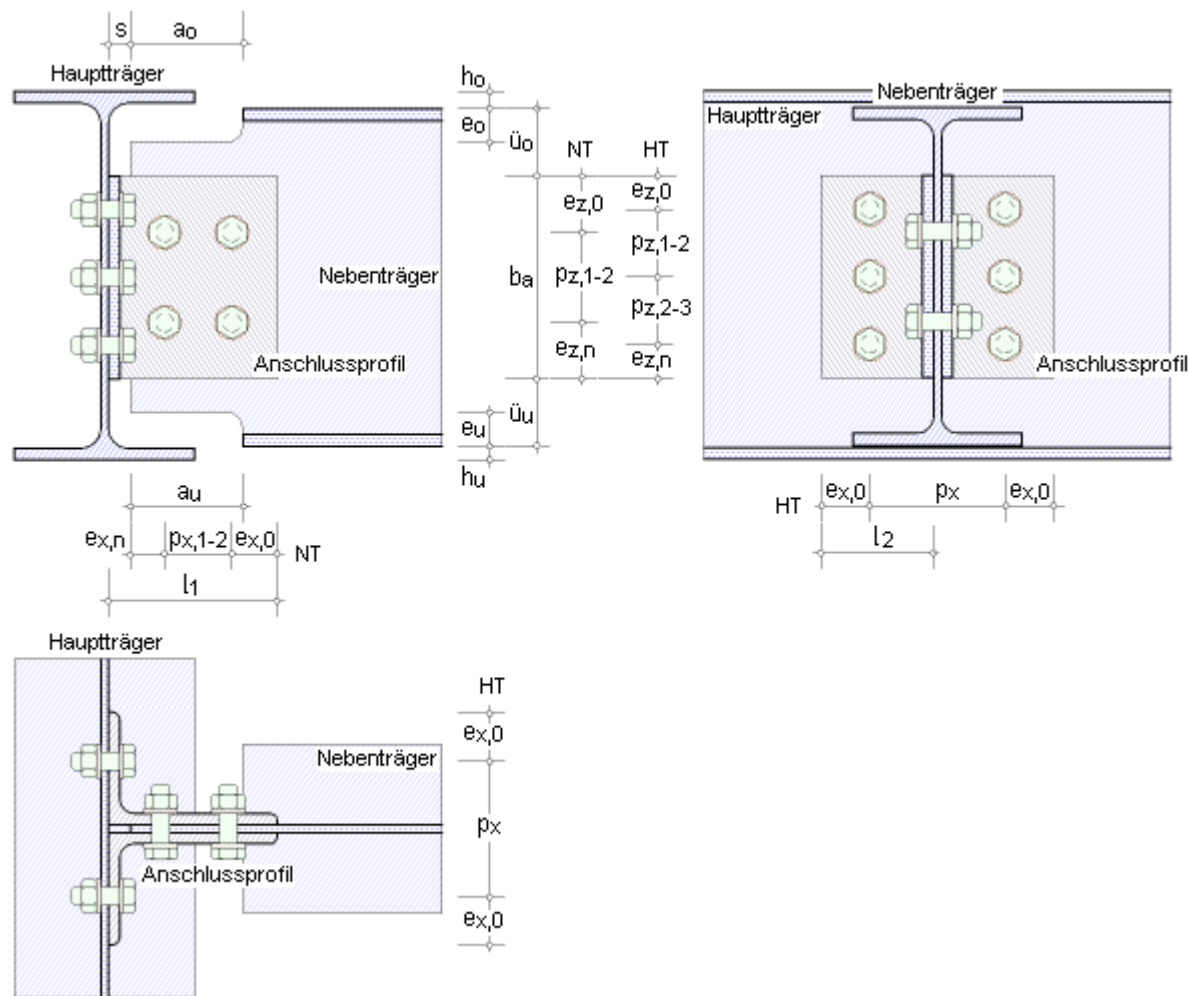


Anschluss eines Hohlprofils

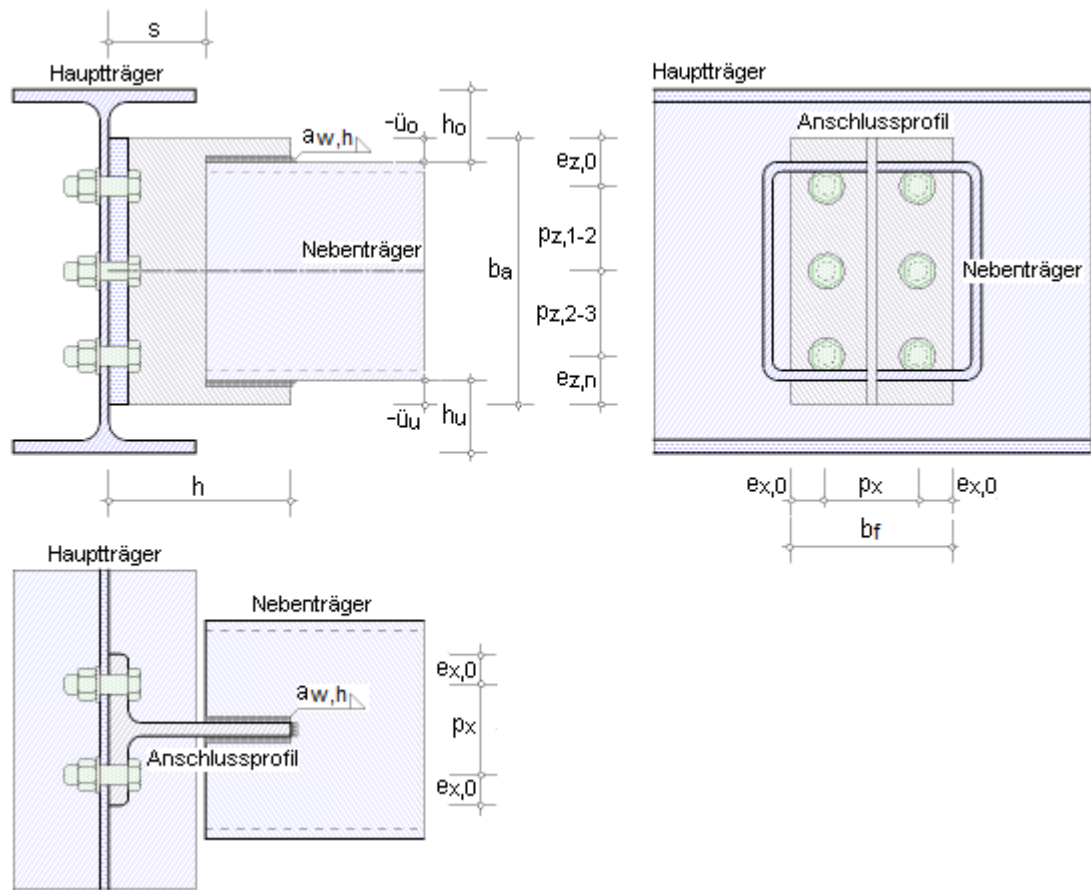


geschraubter Winkelanschluss

Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

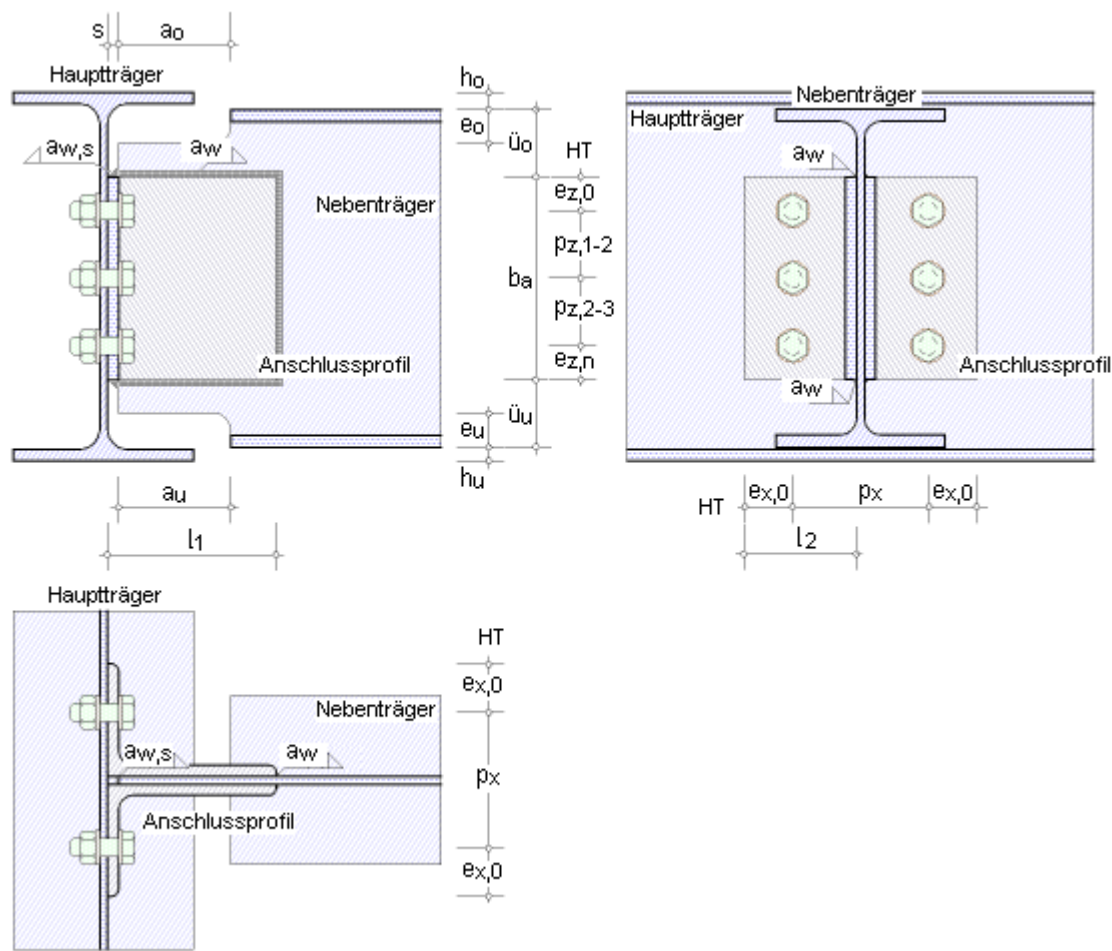


Anschluss eines Hohlprofils



geschweißter Winkelanschluss

Anschluss eines Doppel-T-Profils oder Blechs

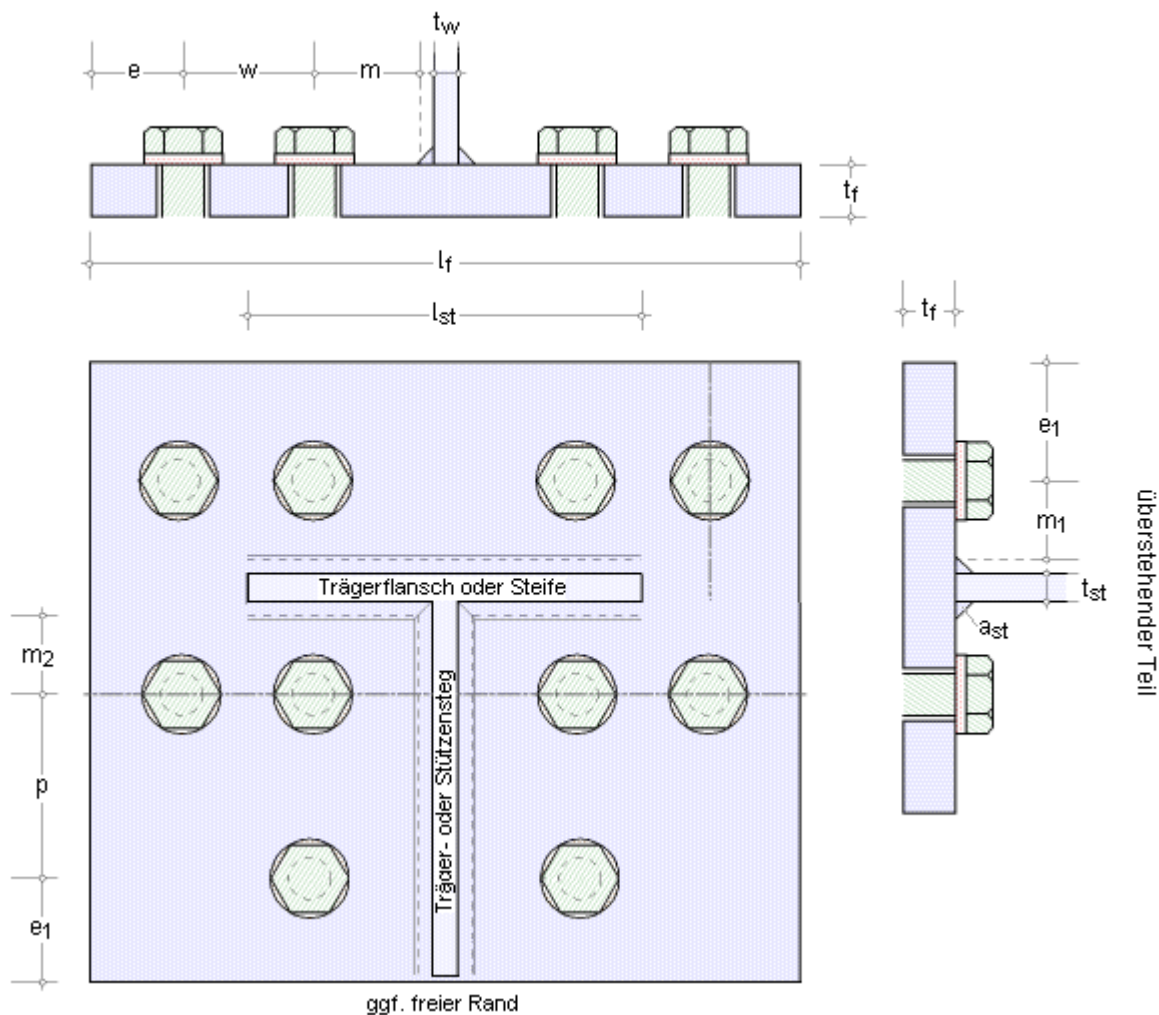


Anschluss eines Hohlprofils s. geschraubter Winkelanschluss

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.

T-Stummel-Modell: zwischen den Trägerflanschen

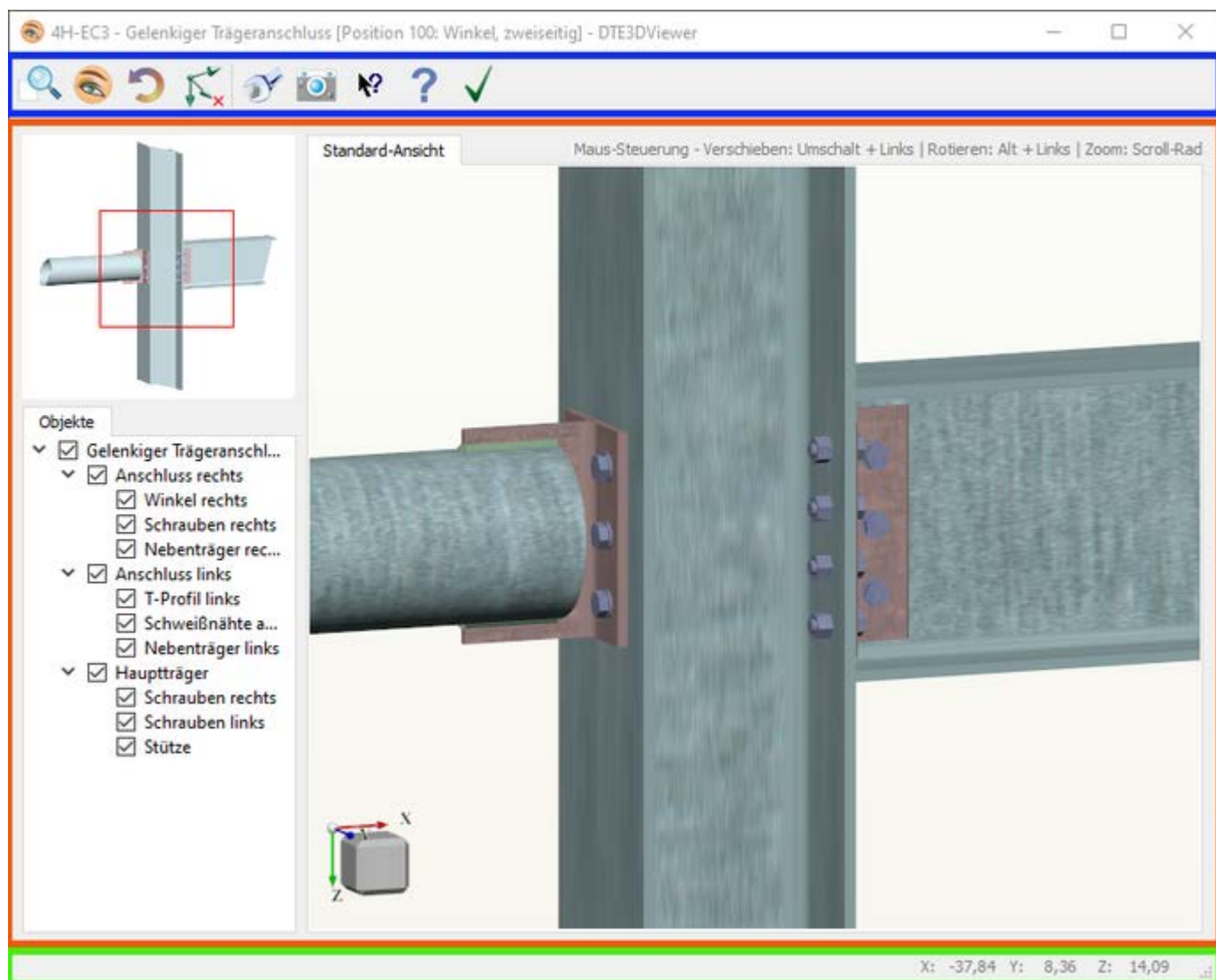


DTE3D-Viewer



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) enthält Aktionen und Schnelleinstellungen bzgl. des aktuellen Dokuments bzw. der Ansicht.
- Die **Dokumentenansicht** (orange umrahmt) enthält die **Standardansicht**, in der die erzeugten 3D-Objekte betrachtet und in ihrer Darstellung manipuliert werden kann.
Weiterhin enthält sie seine **Seitenleiste** mit ggf. einer **Übersicht** und der **Baumansicht**, die in ihrer einfachsten Form die Hierarchie der erzeugten Objekte widerspiegeln.
- Die **Statusleiste** (grün umrahmt) bildet den unteren Abschluss und enthält neben der Mausposition in Weltkoordinaten ggf. auch Statushilfen und Prozessinformationen.

Die Manipulation der Ansicht kann mittels 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 mit der Maus** → Mehrfach-Auswahl
- **Rechts-Klick in Standardansicht oder Baumansicht** → rufe ein **Kontextmenü** auf

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 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.

alles anzeigen



Mittels eines **Kontextmenüs**, 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 dessen Zustand 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** 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** 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** 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 Hilfeschnittfläche 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.

Dokumente

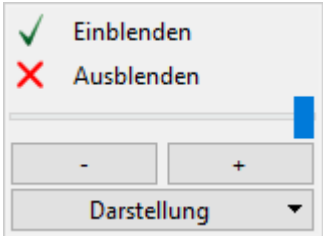
Als Dokument wird im Folgenden die durch den Programmaufruf geöffnete Datei mit den Objektdaten beschrieben. Durch den Aufruf werden einerseits die 3D-Objekte für die Ansicht erzeugt, als auch die Objekthierarchien im Baum dargestellt.

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** beschrieben.
Zur Veränderung der statischen Elemente der Ansicht wie bspw. des Koordinatensystems, des Gitternetzes oder des Hintergrunds der Ansicht, können diese über die **Werkzeugeiste** oder den **Einstellungsdialog** angepasst werden. Die getätigten Einstellungen werden im Dokument gespeichert.
Durch Überfahren der **Standardansicht** 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** unter dem Abschnitt **Aussehen** vorgenommen werden. Ebenso können ein oder mehrere Objekte durch Anklicken aus der **Standardansicht**, ebenso wie aus der Objekthierarchie in der **Seitenleiste**, ausgewählt werden.
Durch die Auswahl wird es möglich die Elemente gemäß den Möglichkeiten des im Folgenden beschriebenen **Kontextmenüs** 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** als auch aus der **Standardansicht** mittels Rechtsklick auf ein Kontextmenü zugegriffen werden.
Hier ist zu beachten, dass dieses nur zur Verfügung steht, wenn mindestens ein Objekt ausgewählt ist!

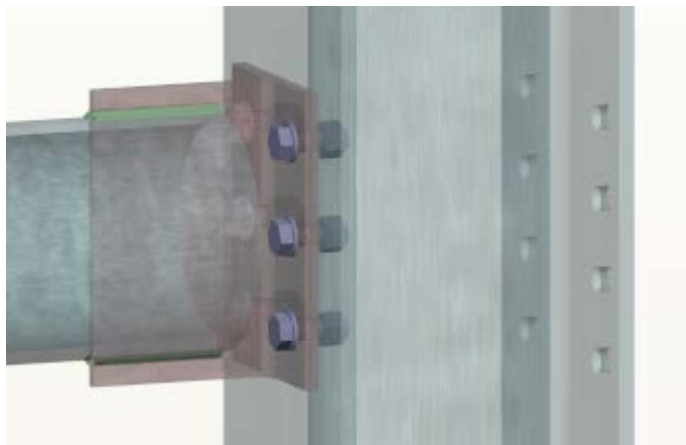


Einblenden/Ausblenden

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** ist demnach nicht mehr möglich - in der **Baumansicht** 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.

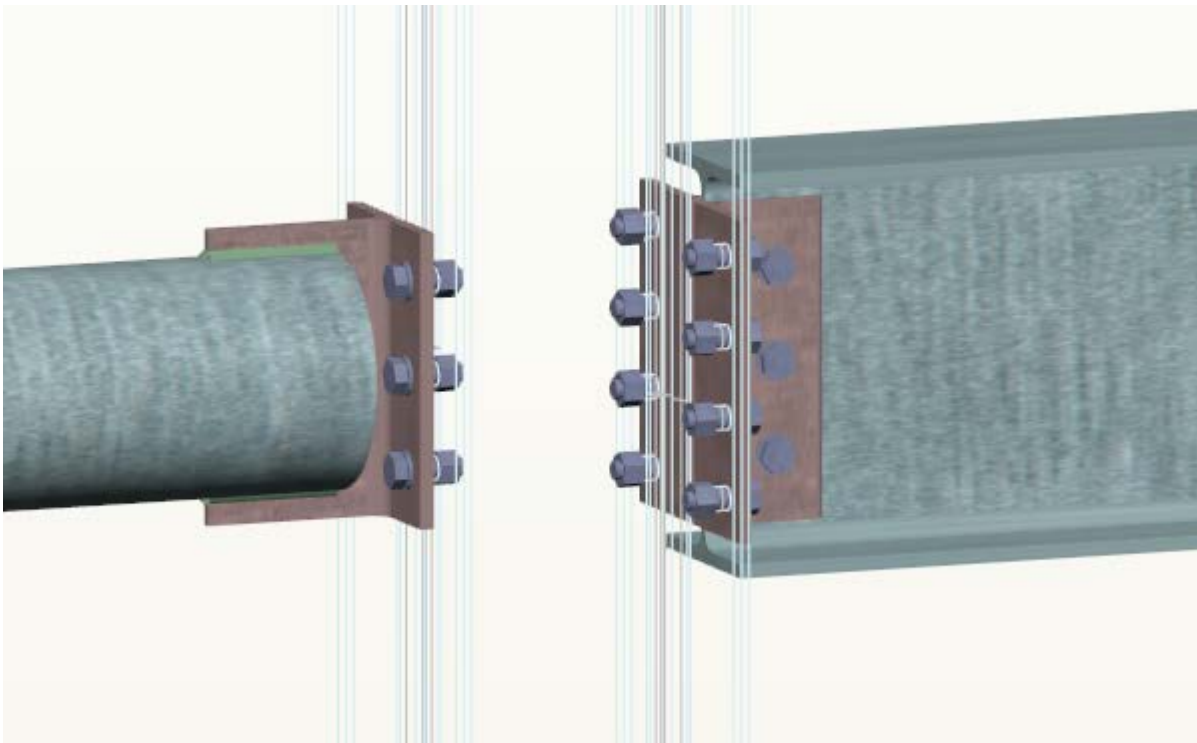


relative Transparenz

Bei Auswahl mehrerer Objekte, die durchaus im Vorfeld verschiedene Transparenzwerte aufweisen 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 über die beschriebene Funktion in der Drahtansicht dargestellt, wohingegen die anderen Objekte (Träger, Anschlussprofile, Verbindungsmittel) 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.

Seitenleiste

Die Seitenleiste enthält neben der **Standardansicht** weitere wichtige Möglichkeiten zur Steuerung der Darstellung der Objekte und eine versteckbare **Übersicht**.

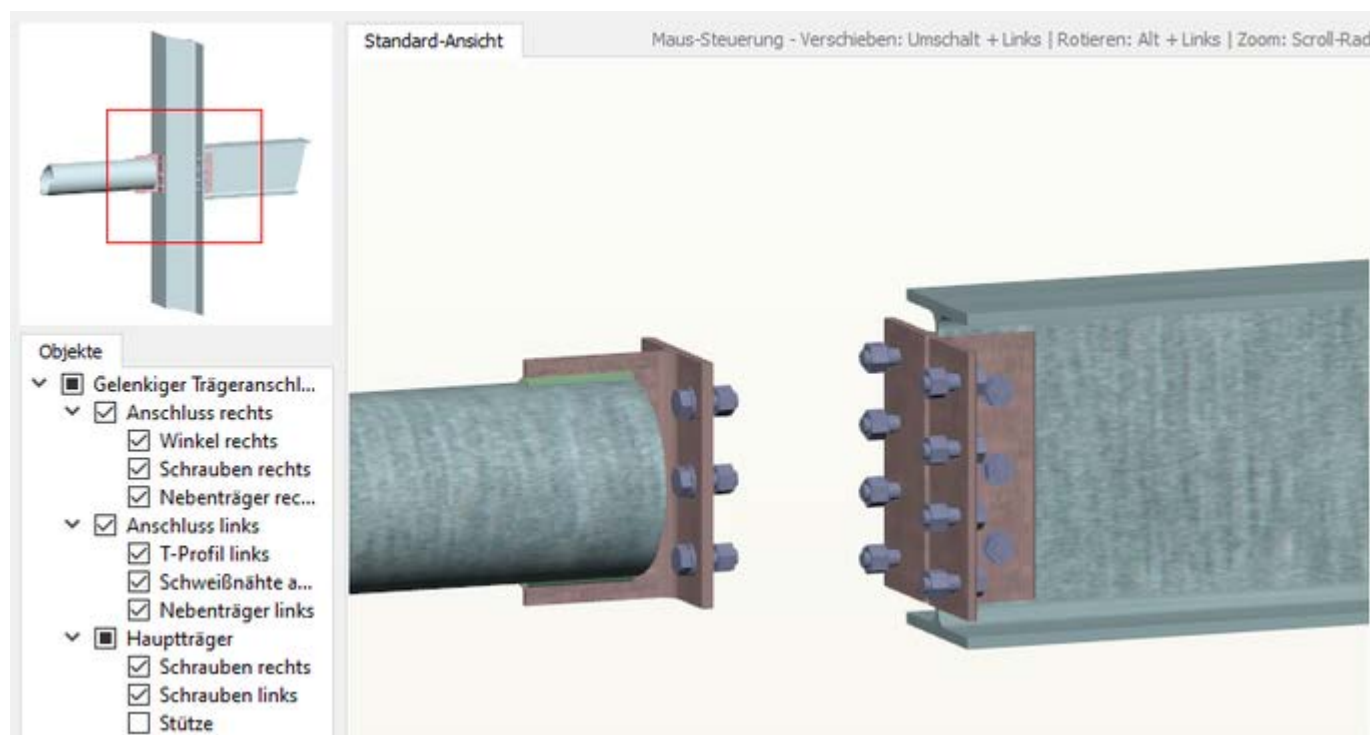
Sollte die Seitenleiste im Verhältnis zur **Standardansicht** zu wenig oder zu viel Platz in Bezug auf die Größe des Hauptfensters einnehmen, kann sie durch einen Anfasser zwischen der Seitenleiste und der **Standardansicht** vergrößert bzw. verkleinert werden.

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

Übersicht

Das obere Fenster der Seitenleiste bildet die Übersicht, die in den **Einstellungen** konfiguriert und ggf. auch ausgeblendet werden kann. In diesem Fall zeigt die Seitenleiste lediglich die **Baumansichten**.

In der Übersicht werden grundsätzlich alle Objekte vereinfacht dargestellt, unabhängig von ihrer Darstellung in der **Standardansicht**. 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** 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** 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** 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** 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 wird über die Form seines Kontrollkästchens bekannt gegeben.

Enthält das Kästchen einen Haken, ist das Element in der **Standardansicht** 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.

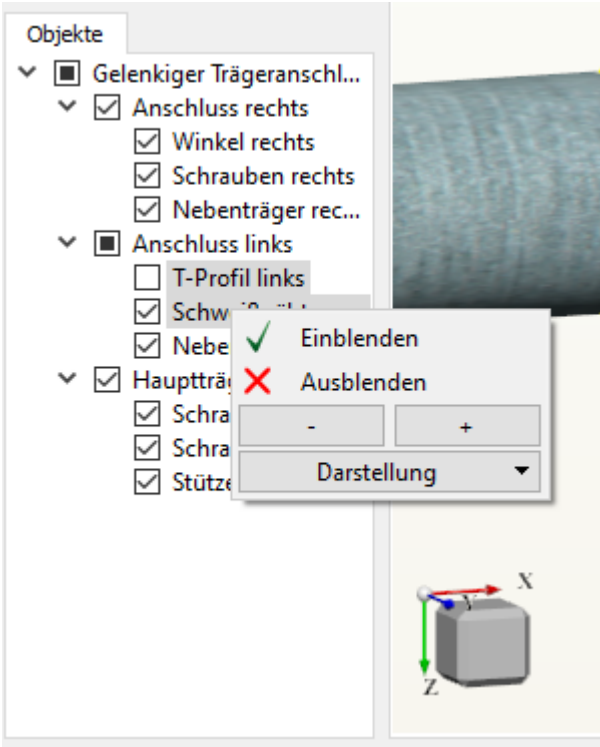
Die Auswahl von einem oder mehreren Objekten kann wie in der **Standardansicht** durch die Hinzunahme der Strg-Taste bei einem Klick mit linker Maus-Taste erzielt werden.

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** aus der **Standardansicht**.

Wie bereits beschrieben, bringen die **Baumannsichten**, 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.



Statusleiste

Die Statusleiste bildet den unteren Abschluss der Anwendung. In ihr können keine Aktionen ausgelöst werden. Sie stellt lediglich eine Anzeige von zusätzlichen Informationen, Ladevorgängen und Prozessfortschritten sowie ggf. Informationen über 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** 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** genutzt werden, dessen Funktion im Abschnitt zur **Steuerung** eingehend beschrieben wird.

Steuerung

Da zur Navigation im dreidimensionalen Raum eine ergonomische Steuerung immense Bedeutung gewinnt, wurde versucht, diese einerseits zwischen der **Standardansicht** und der **Baumansicht** 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** 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** 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 **Hilfswerkzeug**.

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.

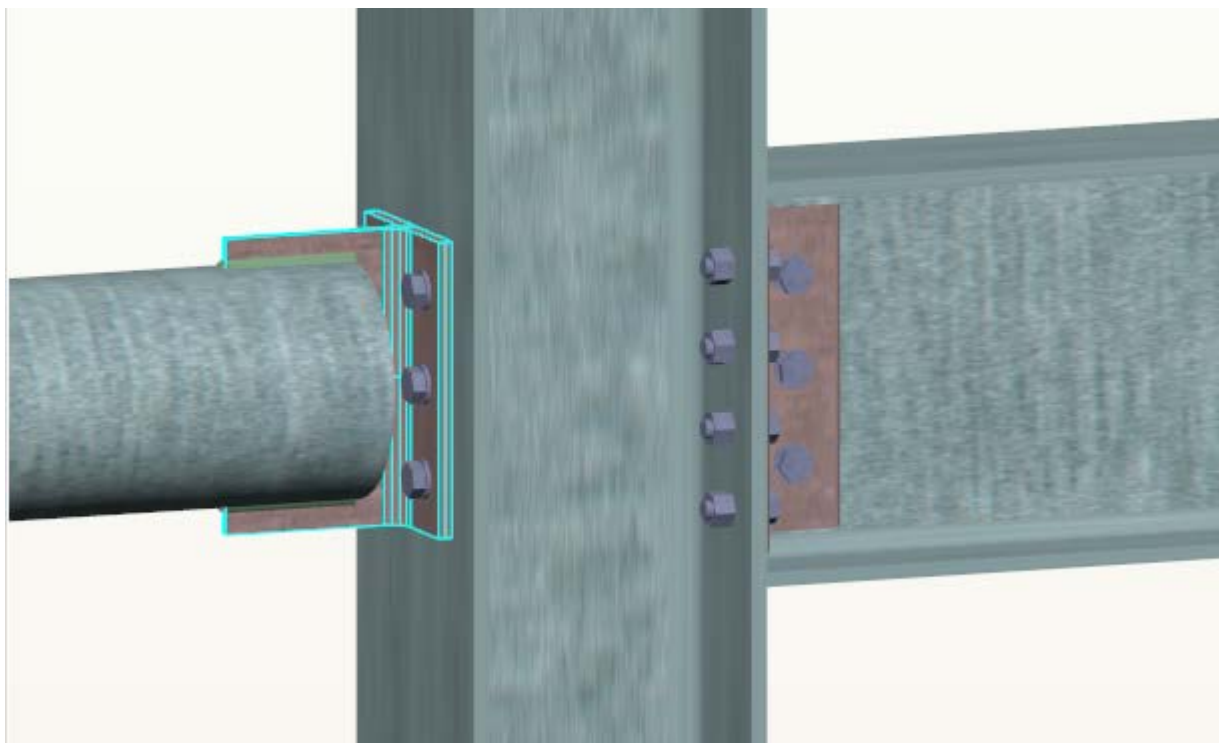
einfache Mausbewegung

Durch das Bewegen des Maus-Zeigers in die **Standardansicht** zeigt sich, dass, solange kein Objekt unter der Maus liegt, sich lediglich die **Koordinatenanzeige** in der **Statusleiste** verändert, da versucht wird die Weltkoordinaten der Maus aus ihren Bildschirmkoordinaten zu interpolieren.

Hier ist auch der Abschnitt zu den **Mauskoordinaten** zu beachten!

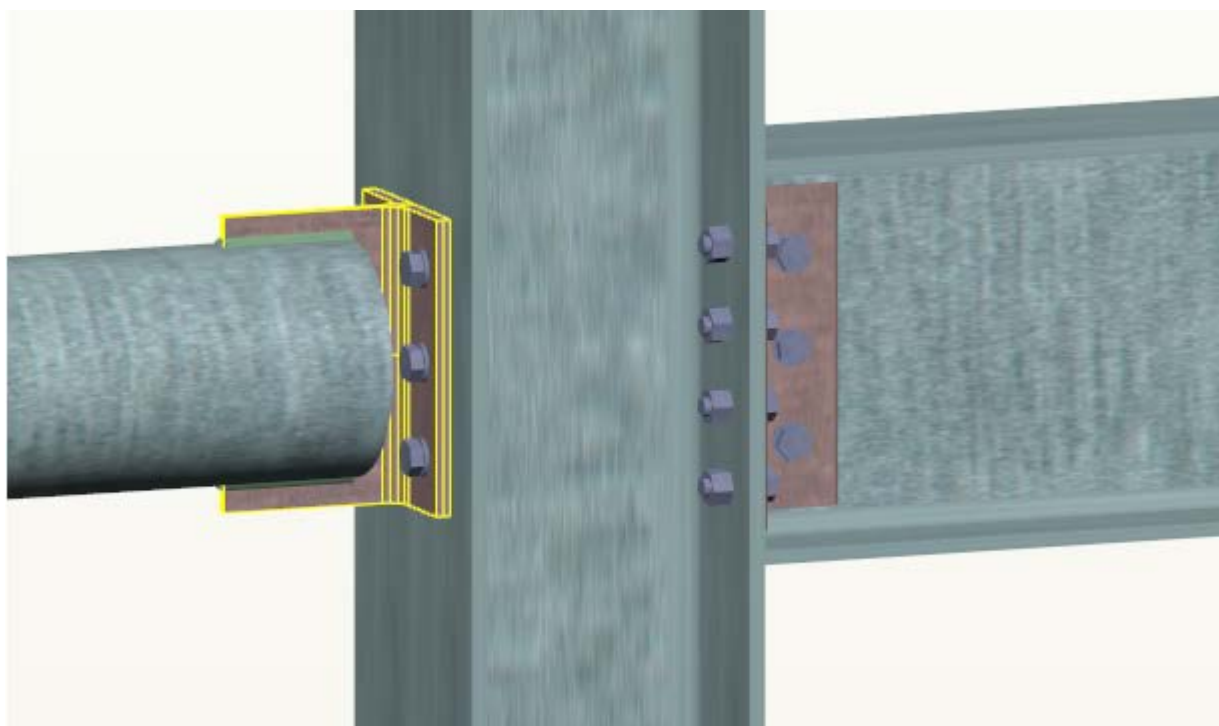
Objekthervorhebung

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** 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** wider. In der **Standardansicht** 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** 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.

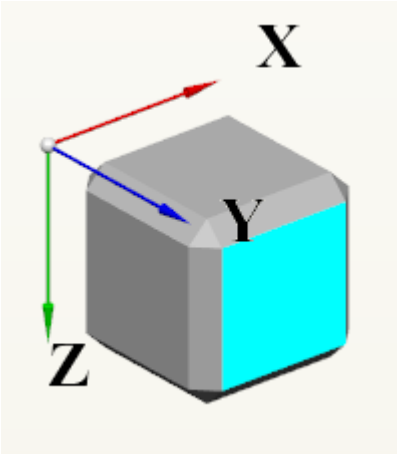
Weiterhin ist es möglich, die Art der Rotation in den **Einstellungen** anzupassen, was im entsprechenden Abschnitt der **Einstellungsdokumentation** beschrieben wird.

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 Bildschirmenebene 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** im Fokus liegen muss! Dies kann bspw. durch einen einfachen Klick in das Fenster erreicht werden, da bei fokussierten **Baumansichten** der **Seitenleiste** 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 Bildschirmenebene 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 Bildschirmenebene 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** vorwiegend mit Transformationen der Ansicht beschäftigt und über das **Kontextmenü** zusätzlich auch Einstellungen zur Darstellung, Sichtbarkeit und Transparenz getroffen werden können, werden diese Konfigurationen durch den Aufbau der **Baumansichten** 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** erläutert.

Bei getroffener Auswahl können auch hier Eigenschaften der Objekte über das **Kontextmenü** angepasst werden.

Einstellungen

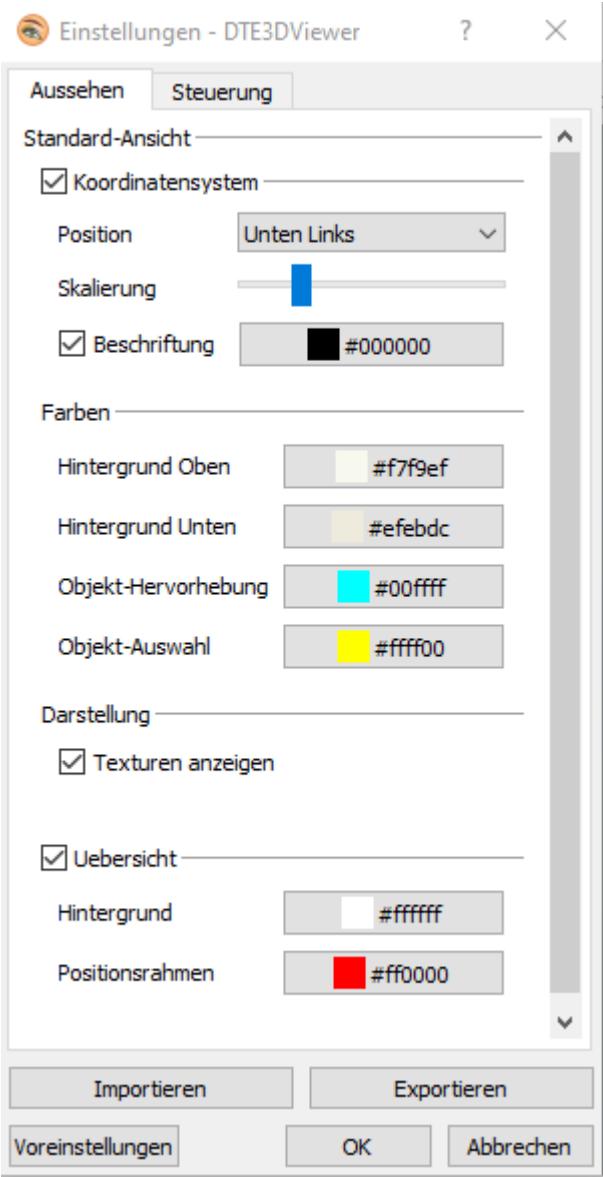
Beim Öffnen der Einstellungen durch die entsprechende Schaltfläche in der **Werkzeugleiste** wird ein Dialog geöffnet, dessen gesetzte Einstellungen sich ausschließlich auf das aktuelle **Dokument** beziehen.

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**.



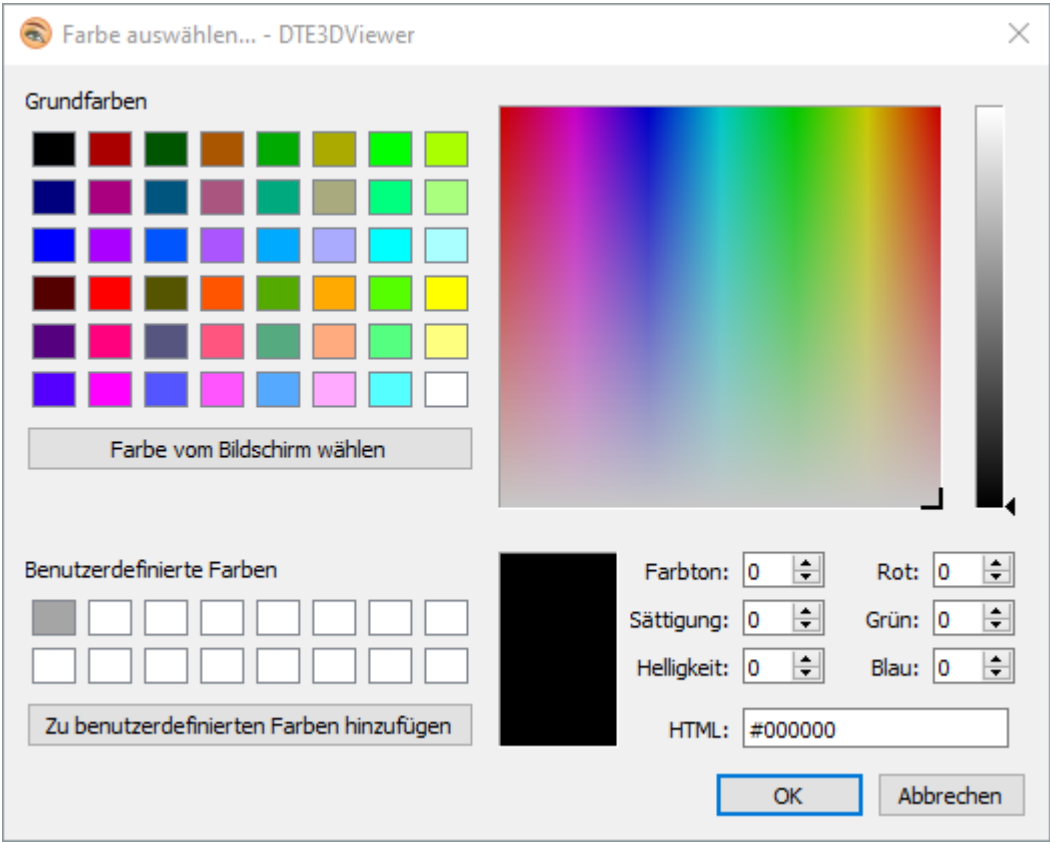
Standardansicht

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. 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

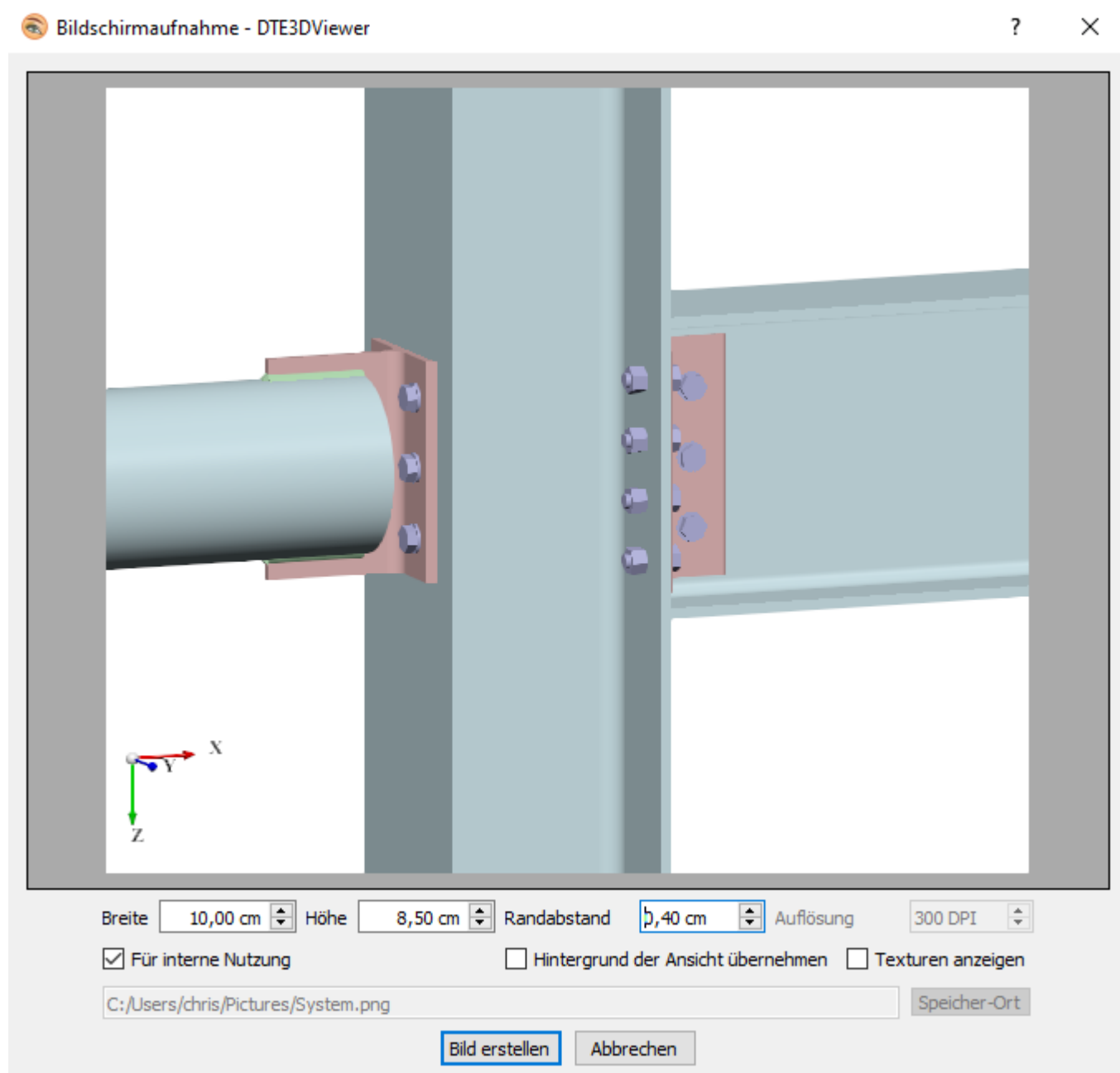
Das Speichern der Einstellungen erfolgt durch einen Klick auf die **OK**-Schaltfläche und bedarf keiner zusätzlichen Zustimmung.

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.

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** kenntlich gemacht.

