pcae GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel 0511/70083-0 Fax 0511/70083-99
Internet www.pcae.de Mail dte@pcae.de

4H-EC3NV

Normalkraftverbindung

Februar 2024

4H-EC3NV

Normalkraftverbindung

Copyright 2018-2024

3. erweiterte Auflage, Februar 2024

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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

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

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

Produktbeschreibung

Das Programm *4H*-EC3NV, Normalkraftverbindung, weist für ausgewählte Anschlusskonfigurationen die zentrische Normalkraftbeanspruchung entspr. Eurocode 3 nach.

Folgende Leistungsmerkmale werden bereitgestellt

- Flexibles Umschalten der Anschlussmöglichkeiten, dadurch bequeme Beurteilung der effektivsten Verbindung
- Materialparameter können sowohl aus **pcae**-eigenen Tabellen als auch parametrisiert eingegeben werden. Materialsicherheitsbeiwerte können genormt (dem gewählten nationalen Anhang entnommen) oder vorgegeben werden.
- Schweißnahtnachweise werden nach dem richtungsbezogenen Verfahren n. EC 3-1-8 geführt
- Bei automatischer Berechnung erfolgt online die Darstellung der maximalen Ausnutzung der Verbindung. Im *Last*-Register wird die maßgebende Lastkombination markiert; die Berechnung kann über einen Mausklick direkt am Bildschirm angezeigt werden.
- Im Ausgabeprotokoll wird bei Bedarf der Rechenweg in ausführlicher Form dargestellt, so dass jeder Zahlenwert nachvollzogen werden kann. Natürlich kann das Statikdokument auch wesentlich reduziert werden.
- Über die Export-/Import-Funktion können die Programm-Daten in ein anderes *4H*-EC3NV-Bauteil übertragen werden. Über die Export-Funktion können die Programm-Daten in ein Bauteil der zugeordneten *4H*-Programme (*4H*-EC3GT, *4H*-EC3LS, *4H*-EC3GK, *4H*-EC3SA) übertragen werden.
- Export der Konstruktionszeichnung im DXF-Format zur Weiterbearbeitung in einem CAD-System

Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und *4H*-EC3NV von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

Nach der Installationsanweisung wird eine Übersicht der Funktionalitäten der Steuerbuttons der Eingabeoberfläche gegeben.

Im Sinne eines Leitfadens gedacht, kann das Manual nicht alle Fragen beantworten. Im aktuellen Falle wird dann der Hilfebutton im jeweiligen Eigenschaftsblatt Antwort geben.

Zur *4H*-EC3NV-Dokumentation gehört neben diesem Handbuch das Manual

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *4H*-EC3NV.

Hannover, im Februar 2024

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

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

signalisiert Anmerkungen

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

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

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

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

Doppelklick zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank Leerzeichen

Cursor Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

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

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

Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.

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

Ruft das Online-Hilfesystem.

Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.

Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.

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

Inhaltsverzeichnis

1 Programminstallation 5
2 Bauteil erzeugen 7
3 Eingabeoberfläche 9
3.1 Anschlussparameter 11
3.1.1 geschraubter Stoß (direkt, einseitig) 11
3.1.2 geschraubter Stoß (indirekt, beidseitige Laschen) 12
3.1.3 geschweißter Stoß (Stumpfnaht, durchgeschweißt) 13
3.1.4 geschweißter T-Anschluss (Kehlnaht) 13
3.1.5 Einstellungsoptionen 14
3.1.6 Ergebnis 14
3.2 Schnittgrößen 15
3.2.1 Schnittgrößen importieren 15
3.3 Nachweise n. EC 3 18
3.3.1 Anschlusstyp 1: geschraubter Stoß (direkt, einseitig) 18
3.3.2 Anschlusstyp 2: geschraubter Stoß (indirekt, beidseitige Laschen) 21
3.3.3 Anschlusstyp 3: geschweißter Stoß (Stumpfnaht, durchgeschweißt) 23
3.3.4 Anschlusstyp 4: geschweißter T-Anschluss (Kehlnaht) 23
4 Grundkomponenten 25
4.1 Blech mit Zug- oder Druckbeanspruchung 25
4.1.1 Anwendungsvoraussetzung 25
4.1.2 Tragfähigkeit 25
4.2 Schrauben mit Abscherbeanspruchung 25
4.2.1 Anwendungsgrenzen 25
4.3 Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung 26
4.3.1 Anwendungsgrenzen 26
4.4 Schweißnähte 26
4.4.1 Anwendungsgrenzen 26
5 Basisverbindungen 27
5.1 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen 27
5.1.1 Schrauben und Niete 27
5.1.2 Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete 28
5.1.3 Schrauben 31
5.2 Tragfähigkeit von Schweißverbindungen 33
5.2.1 Kehlnähte 33
5.2.2 Schlitznähte 34
5.2.3 Stumpfnähte 35
5.2.4 Lochschweißung 35
5.2.5 Anordnung von Futterblechen bei Kehl-, Schlitz- und Lochnähten 36
5.2.6 Umrechnung von Blechschnittgrößen in Schweißnahtkräfte 36
6 Allgemeines 37
6.1 Nationale Anhänge zu den Eurocodes 37
6.2 Stahlsorten 37
6.3 Ausdrucksteuerung 38
7 Literaturverzeichnis 39
8 Index 42

1 Programminstallation

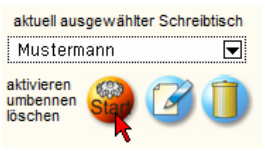
Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms ///-EC3NV auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

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

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

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

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

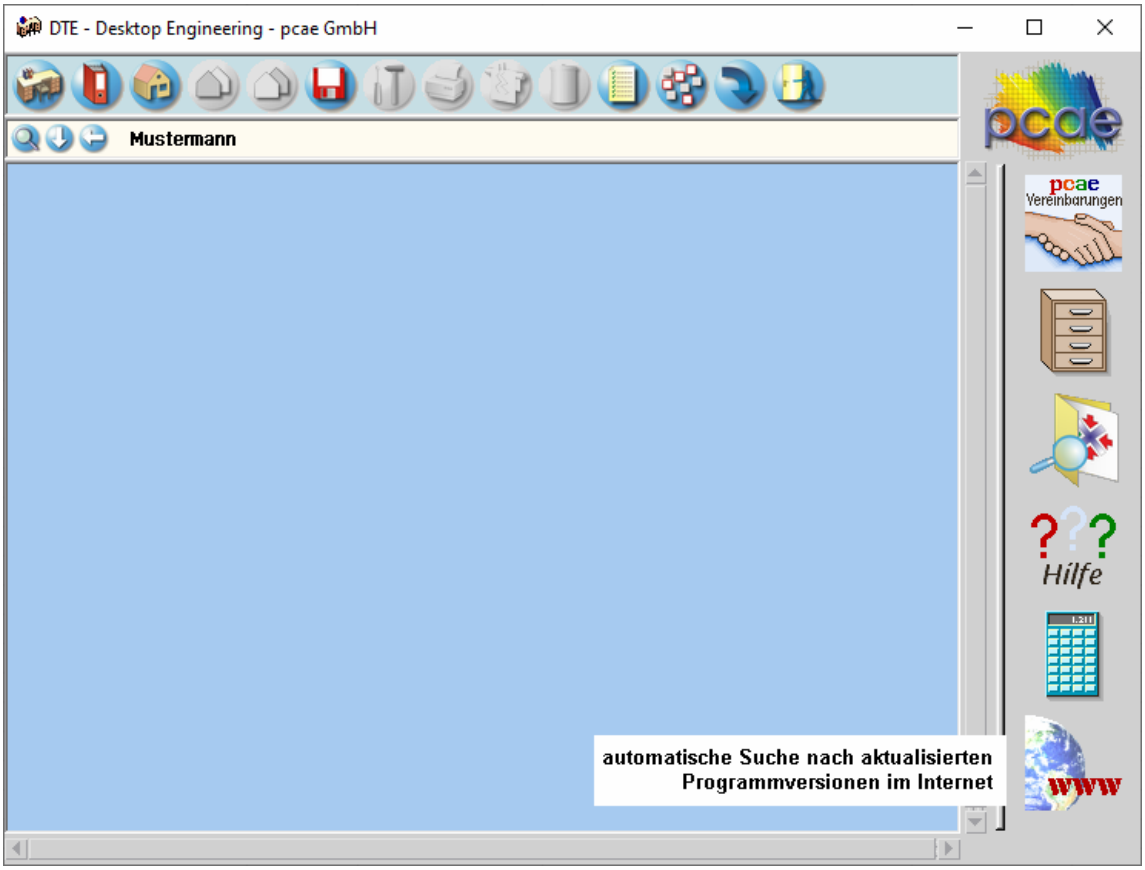


Nach Bestätigen über das ***Hakensymbol*** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf ***Start*** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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

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

DTE®-Schreibtisch



Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

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

Die Buttons bewirken im Einzelnen

öffnet die Schreibtischauswahl

legt einen neuen Projektordner an

erzeugt ein neues Bauteil

kopiert das aktivierte Bauteil

fügt die Bauteilkopie ein

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

menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils

druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils

ruft das Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils

löscht das aktivierte Bauteil/Ordner

öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste

öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen

eröffnet Verwaltungsfunktionen

schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung

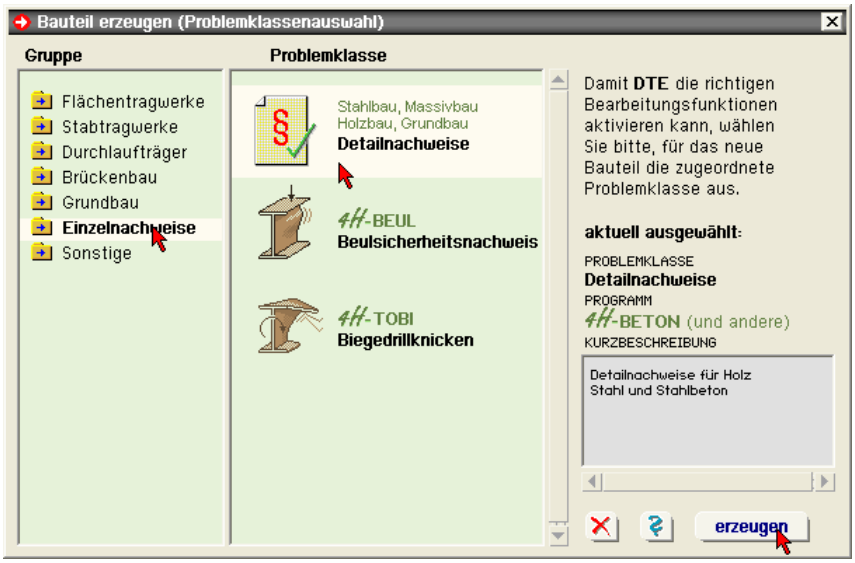
2 Bauteil erzeugen

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

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

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

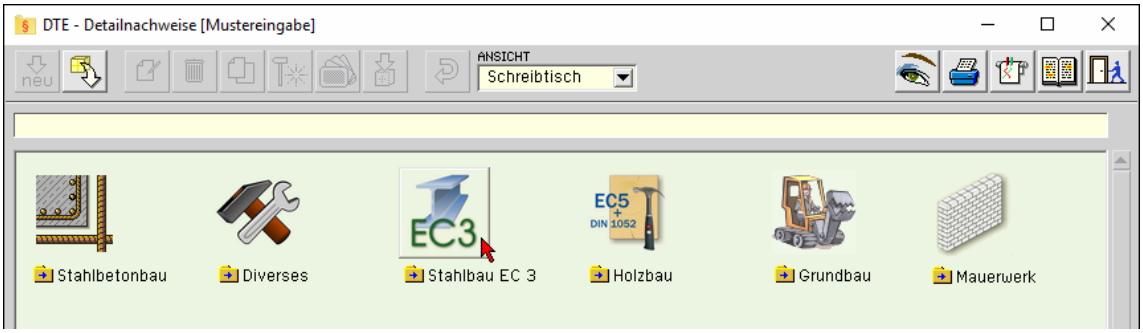
Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe ***Einzelnachweise***, dann auf die Problemklasse ***Detailnachweise*** und abschließend auf den ***erzeugen-Button***.



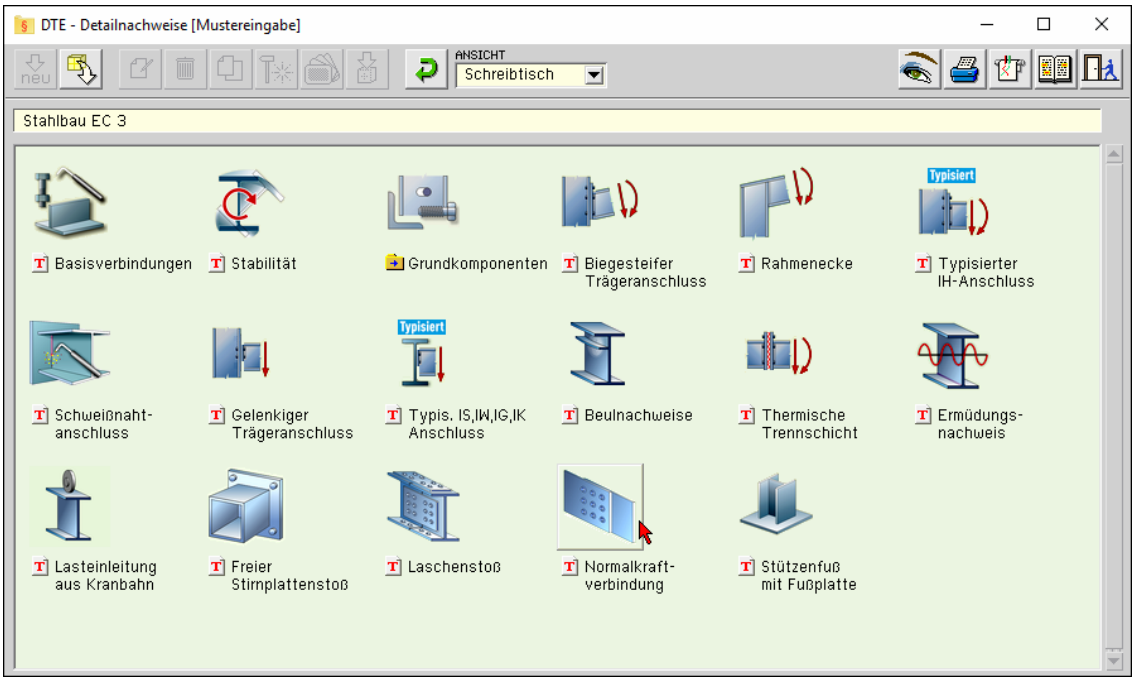
Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilikone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

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

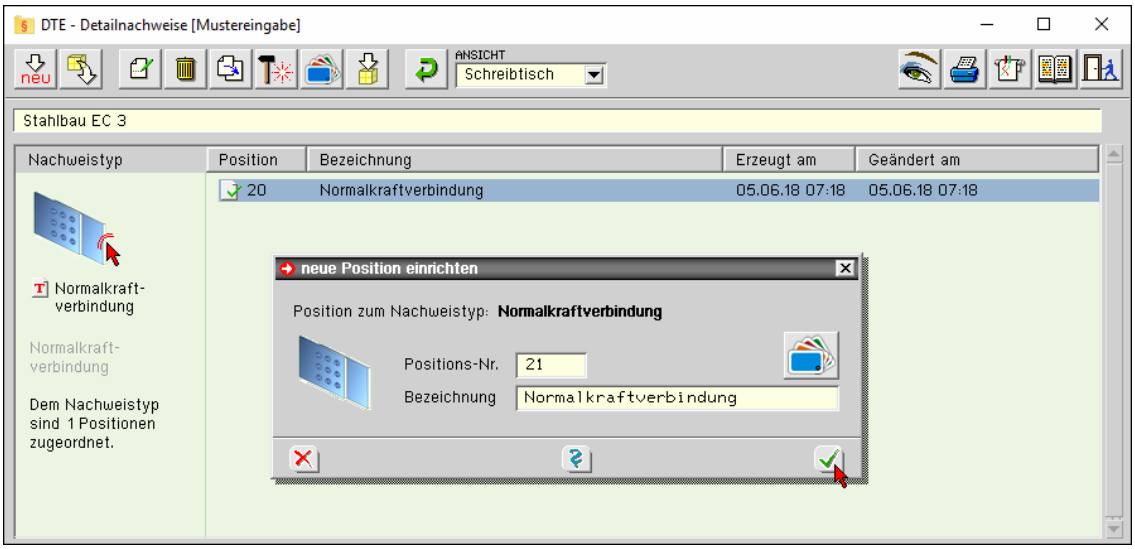
Übersicht Detailnachweise



Übersicht EC 3-Programme



Normalkraftverbindung

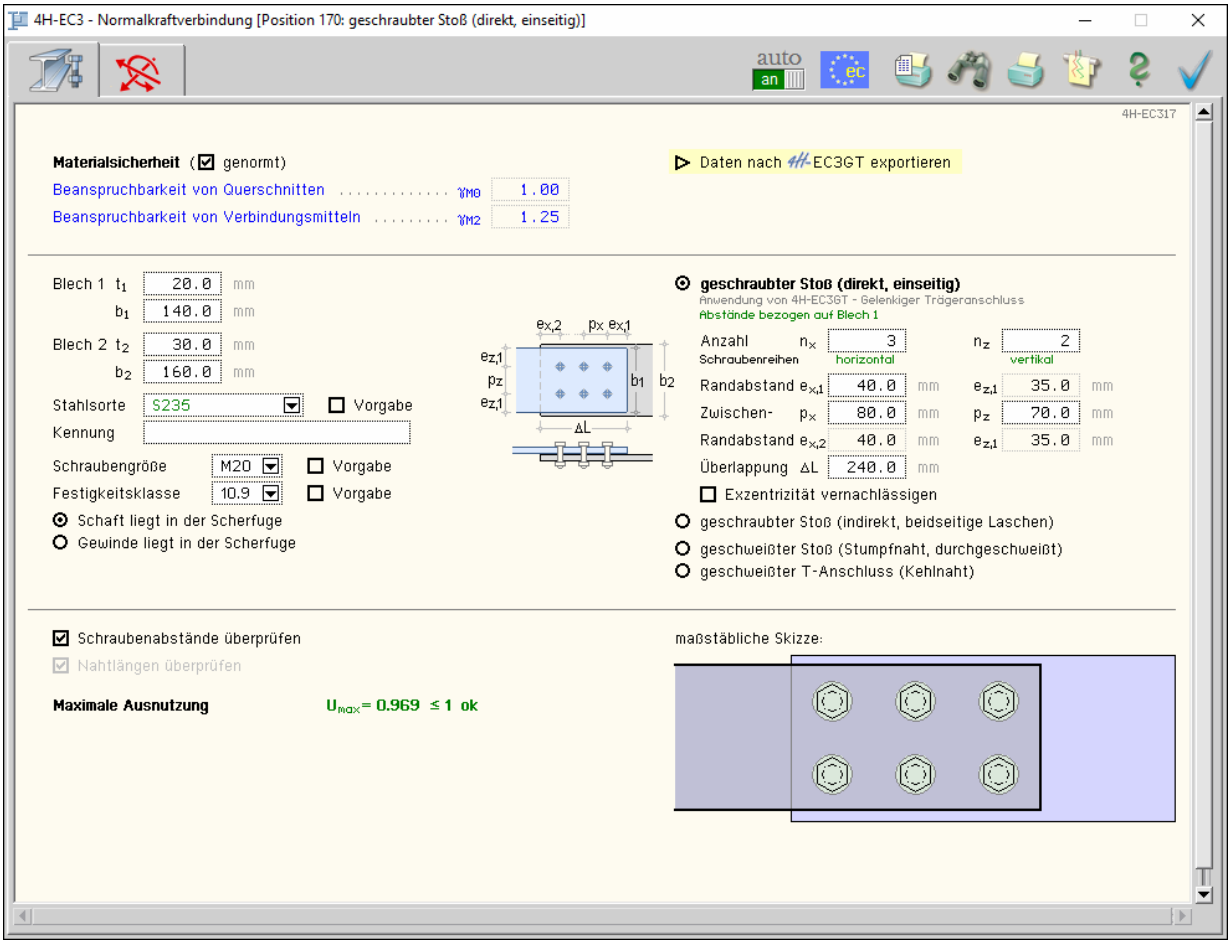


Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts *neue Position* einrichten erscheint die Eingabeoberfläche des Programms *Normalkraftverbindung*.

3 Eingabeoberfläche

Mit dem Programm *Normalkraftverbindung* können Verbindungen verschiedener Anschlusskonfigurationen mit zentrischer Normalkraftbeanspruchung nachgewiesen werden.

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



Die Funktionen der einzelnen ***Steuerbuttons*** werden auf den folgenden Seiten erläutert.

Anschlussparameter, s. Abs. 3.1, S. 11

Im ersten Registerblatt werden alle Anschlussparameter gesetzt. Die Verbindung wird zur visuellen Kontrolle maßstäblich am Bildschirm dargestellt. Bei automatischer Berechnung wird die maximale Ausnutzung protokolliert.

Bemessungsschnittgrößen, s. Abs. 3.2, S. 15

Die Schnittgrößen werden im zweiten Registerblatt festgelegt und können entweder 'per Hand' eingegeben oder aus einem pcae-Programm importiert werden. Um Schnittgrößen importieren zu können, muss das entsprechende 4H-Programm in der exportfähigen Version installiert sein. Bei automatischer Berechnung wird die Ausnutzung je Lastkombination protokolliert.

automatische Onlineberechnung

Dieser Schalter kann ***an*** oder ***aus*** sein. Ist er ***an***, wird während der Eingabe online das Berechnungsergebnis aktualisiert und am Bildschirm protokolliert.

nationaler Anhang, s. Abs. 6.1, S. 37

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

Ausdrucksteuerung, s. Abs. 6.3, S. 38

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

Druckliste einsehen

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

Ausdruck

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

Planbearbeitung

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

Onlinehilfe

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

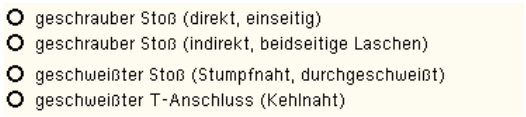
Eingabe beenden

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

3.1 Anschlussparameter

Register 1 enthält Angaben zu den Anschluss- und Materialparametern. Das zug. Eigenschaftsblatt ist unter Abs. 3 auf S. 9 dargestellt.

Allgemeines Das Programm ##-EC3NV weist für folgende Anschlusskonfigurationen die Normalkraftbeanspruchung nach EC 3-1-8 nach



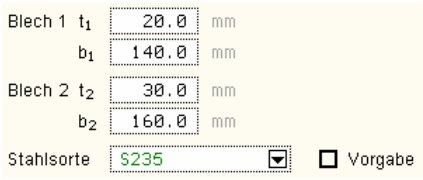
Je nach Wahl des Anschlusstyps werden die benötigten Parameter freigelegt. Die Bemessung erfolgt mit **pcae**-eigenen Modulen (s.u.).

Sicherheitsbeiwerte Die Materialsicherheitsbeiwerte können entweder dem nationalen Anhang entnommen oder direkt vorgegeben werden.

Export / Import Die Eingabedaten können über die Export-Import-Funktion in ein anderes Bauteil derselben Programmfamilie (##-EC3NV) übertragen werden.

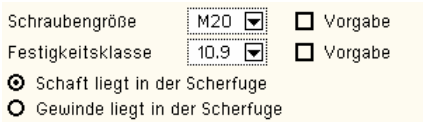
Dazu ist der aktuelle Datenzustand im abgebenden Bauteil über den Button ***Daten exportieren*** in die Zwischenablage zu kopieren und anschließend über den Button ***Daten importieren*** in das aktuell geöffnete Bauteil aus der Zwischenablage zu übernehmen.

Bleche - Material -Schrauben Je nach Anschlusstyp werden zwei Bleche, zwei Bleche mittels Laschen oder ein Blech und eine Platte miteinander verbunden.



Die benötigten Parameter (Dicke und ggf. Breite der Bleche) werden ebenso wie die für alle Bleche einheitliche Stahlsorte zur Eingabe angeboten.

Zur Berechnung der geschraubten Verbindungen sind Schraubenparameter einzugeben. Es werden Schrauben mit normaler Schlüsselweite (nicht vorgespannt) unterstützt.

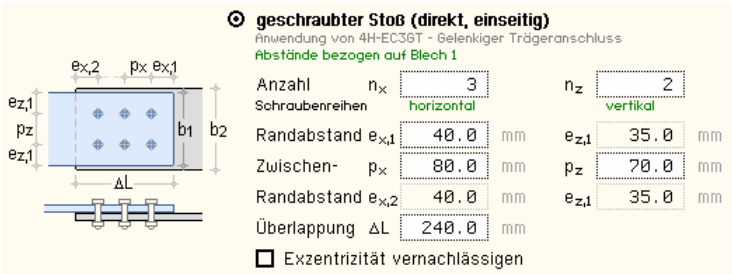


Da die Beschreibung der Schrauben für Verbindungen nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung der Schrauben (s. Abs. 5.1.1, S. 27) verwiesen.

3.1.1 geschraubter Stoß (direkt, einseitig)

Zwei Bleche werden mittels Schrauben verbunden. Das Schraubenbild ist bzgl. der Systemachse symmetrisch.

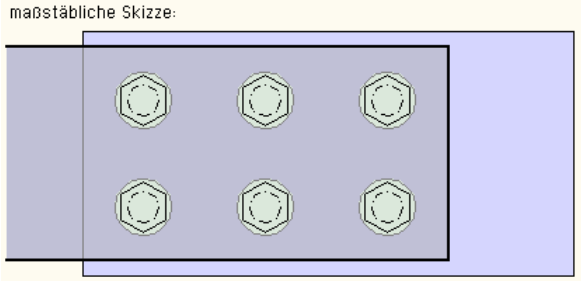
Diese Anschlussart entspricht dem Fahnenblechanschluss des Programms ##-EC3GT (Gelenkiger Trägeranschluss, s. Programmbeschreibung im Internet auf www.pcae.de), bei dem ein Blech (der Trägersteg) mit einem Anschlussblech über Schrauben verbunden wird.



Eine Prinzipskizze zeigt die Bedeutung der abgefragten Parameter. Die x-Richtung entspricht der (horizontalen) Beanspruchungsrichtung. In (vertikaler) z-Richtung wird ein freier Rand angenommen.

Die Verbindungsbleche können unterschiedlich breit sein. Die Angaben zu den Schraubenabständen sind auf Blech 1 bezogen. Optional kann die ***Exzentrizität*** aus dem Versatz der Bleche vernachlässigt werden. Der gewählte Anschluss wird in einer maßstäblichen Skizze am Bildschirm dargestellt.

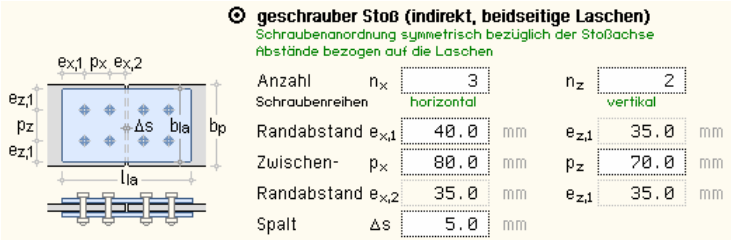
Zur Beschreibung der Bleche s. Abs. 3.1, S. 5, und zur Beschreibung der Nachweise Abs. 3.3, S. 18.



3.1.2 geschraubter Stoß (indirekt, beidseitige Laschen)

Zwei Bleche gleicher Abmessungen werden mittels geschraubter Laschen angeschlossen. Das Schraubenbild ist symmetrisch.

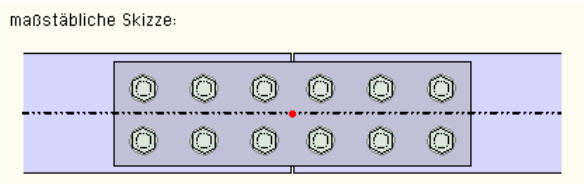
Diese Anschlussart entspricht der Laschenverbindung des Programms ##-EC3LS (Laschenstoß, s. Programmbeschreibung im Internet auf www.pcae.de), bei der zwei Bleche (Profiltyp der Träger Flachstahl) mit mittig angeordneten Laschen beidseitigen verbunden werden.



Eine Prinzipskizze zeigt die Bedeutung der abgefragten Parameter; die x-Richtung entspricht der (horizontalen) Beanspruchungsrichtung; in (vertikaler) z-Richtung wird an den Blechen ein freier Rand angenommen.

Der gewählte Anschluss wird in einer maßstäblichen Skizze am Bildschirm dargestellt.

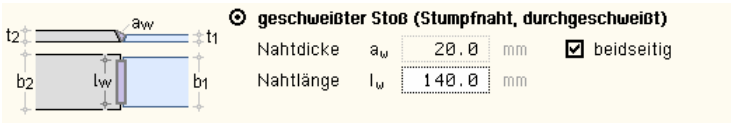
Zur Beschreibung der Bleche s. Abs. 3.1, S. 5, und zur Beschreibung der Nachweise Abs. 3.3, S. 18.



3.1.3 geschweißter Stoß (Stumpfnaht, durchgeschweißt)

Zwei Bleche werden frontal aneinander geschweißt.

Diese Anschlussart entspricht der Grundkomponente 19 des Programms *4H*-EC3GK (Grundkomponenten, s. Programmbeschreibung im Internet auf www.pcae.de).

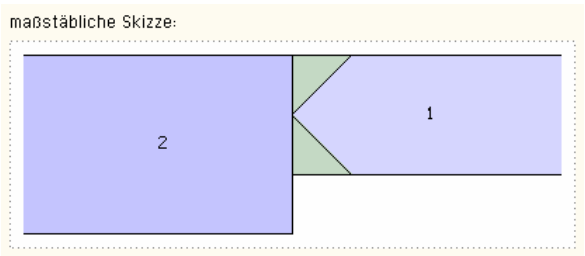


Eine Prinzipskizze zeigt die Bedeutung der abgefragten Parameter.

Die Dicke der Schweißnaht entspricht der kleineren Blechdicke; die Länge kann geringer, jedoch nicht länger als die kleinere Blechlänge sein. Die durchgeschweißte Stumpfnaht kann ein- (HV-Naht) oder beidseitig (K-Naht) ausgeführt sein.

Der gewählte Anschluss wird in einer maßstäblichen Skizze am Bildschirm dargestellt.

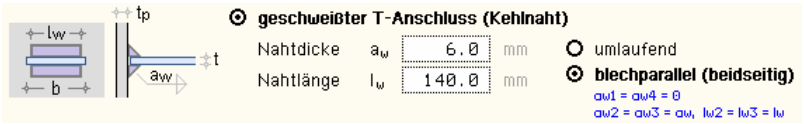
Zur Beschreibung der Bleche s. Abs. 3.1, S. 5, und zur Beschreibung der Nachweise Abs. 3.3, S. 18.



3.1.4 geschweißter T-Anschluss (Kehlnaht)

Ein Blech wird mit Kehlnähten senkrecht auf eine Platte geschweißt.

Diese Anschlussart entspricht der Schweißnahtverbindung des Programms *4H*-EC3SA (Schweißnahtanschluss, s. Programmbeschreibung im Internet auf www.pcae.de).

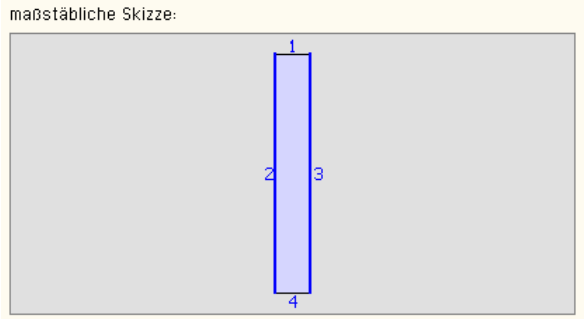


Eine Prinzipskizze zeigt die Bedeutung der abgefragten Parameter.

Die Kehlnaht kann umlaufend oder blechparallel ausgeführt sein, beim Umschalten wird die Prinzipskizze angepasst. Bei blechparallel, also beidseitig ausgeführten Schweißnähten darf die Länge der Naht die Blechbreite nicht überschreiten.

Die in blau geschriebenen Angaben beziehen sich auf die Nahtnummern in der maßstäblichen Skizze (s. Beschreibung der Nachweise, Abs. 3.3, S. 18).

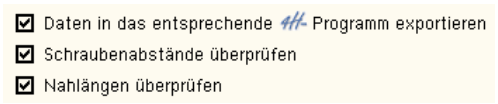
Zur Beschreibung der Bleche s. Abs. 3.1, S. 5, und zur Beschreibung der Nachweise Abs. 3.3, S. 18.



3.1.5 Einstellungsoptionen

Je nach Anschlusstyp können die internen Daten dem jeweiligen **pcae**-Berechnungsprogramm zur Verfügung gestellt werden, die über die Import-Funktion des jeweiligen Programms geladen werden können.

Je nach Anschlusstyp kann die Überprüfung der Schraubenabstände und Schweißnahtlängen an- oder abgeschaltet werden.

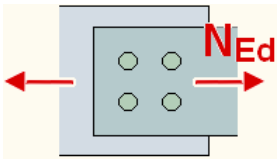


3.1.6 Ergebnis

Wenn die automatische Berechnung aktiviert ist, wird die maximale Ausnutzung aus allen Lastkombinationen am Bildschirm angezeigt.

Je nach Anschlusstyp kann die Überprüfung der Schraubenabstände und Schweißnahtlängen an- oder abgeschaltet werden.

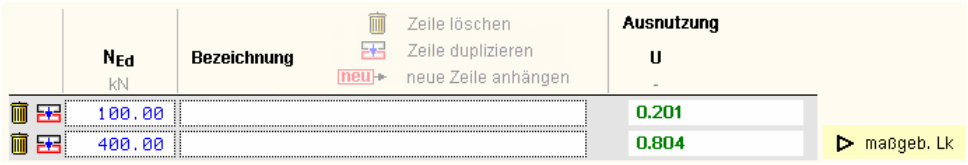
3.2 Schnittgrößen



Das zweite Register beinhaltet die Masken zur Eingabe der Bemessungsnormalkraft.

Die Normalkraft wird als Bemessungsgröße mit der Vorzeichendefinition der Statik (positiv = Zug) eingegeben.

Es können bis zu 10.000 Normalkräfte eingegeben werden.



Wenn die automatische Berechnung aktiviert ist, wird die Ausnutzung je Normalkraft am Bildschirm angezeigt. Die maßgebende Lastkombination, die entweder zur maximalen Ausnutzung oder zu einem Fehler führt, wird gekennzeichnet.

Über den dreieckigen ***Action***-Button kann das Druckdokument direkt abgerufen werden.

3.2.1 Schnittgrößen importieren

Detailnachweisprogramme zur Bemessung von Anschlüssen (Träger/Stütze, Träger/Träger), Fußpunkten (Stütze/Fundament) etc. benötigen Schnittgrößenkombinationen, die häufig von einem Tragwerksprogramm zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es sich i.d.R. um eine Vielzahl von Kombinationen, die im betrachteten Bemessungsschnitt des übergeordneten Tragwerkprogramms vorliegen und in das Anschlussprogramm übernommen werden sollen.

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

Import aus 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.

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.

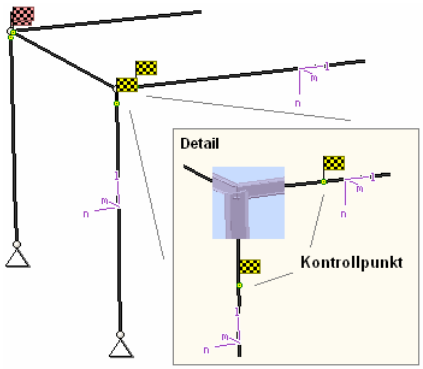
Ausführliche Informationen zum Export können dem DTE®-Handbuch entnommen werden.

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

In der 4H-Programmorganisation gibt es hierzu verschiedene Vorgehensweisen

- zum einen können Tragwerks- und Detailprogramm fest miteinander verbunden sein, d.h. die Schnittgrößenübergabe erfolgt intern. Es sind i.A. keine weiteren Eingaben (z.B. Geometrie) notwendig, aber 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 in dem exportierenden 4H-Programm (z.B. 4H-FRAP) die Stellen zu kennzeichnen, deren Schnittgrößen beim nächsten Rechenlauf exportiert, d.h. für den Import bereitgestellt, werden sollen.



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

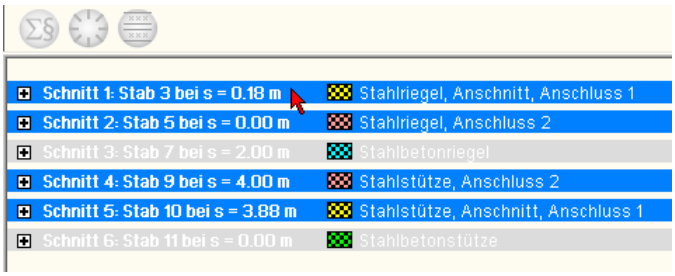
Dazu ist an der entsprechenden Stelle ein Kontrollpunkt zu setzen.

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

Nach einer Neuberechnung des Rahmens stehen die Exportschnittgrößen dem aufnehmenden 4H-Programm (z.B. 4H-BETON, 4H-EC3SA, 4H-EC3BT, 4H-EC3RE, 4H-EC3GT, 4H-EC3TT etc.) zum Import zur Verfügung.

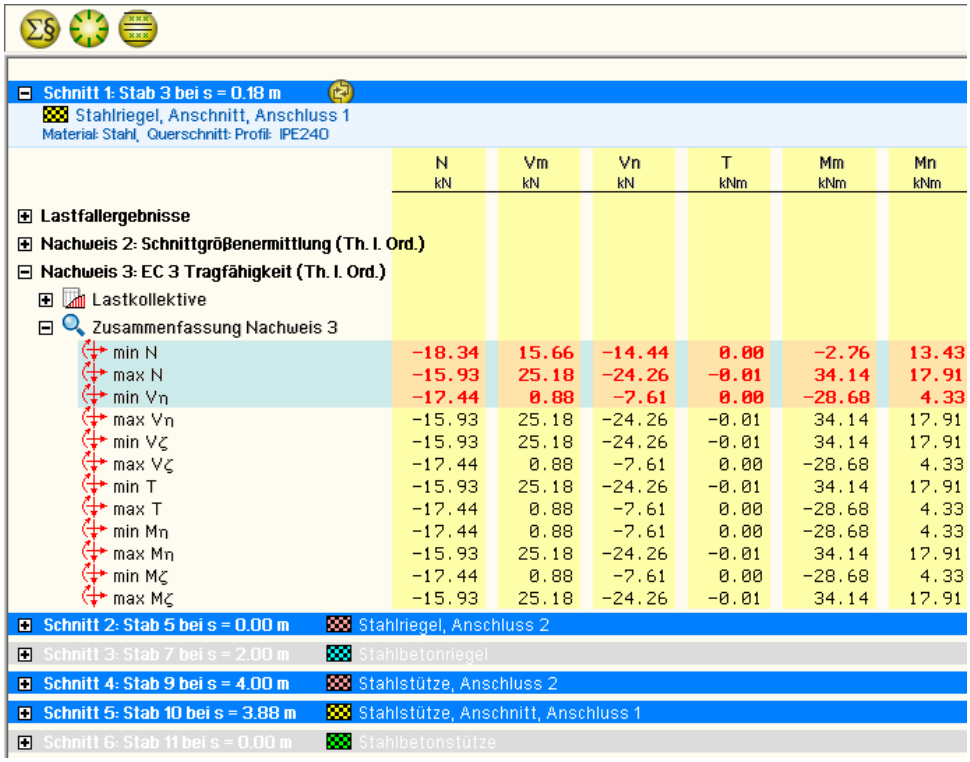
Aus dem aufnehmenden 4H-Programm wird nun über den ***Import***-Button das Fenster zur DTE®-Bauteilauswahl aufgerufen. Hier werden alle berechneten Bauteile dargestellt, wobei diejenigen, die Schnittgrößen exportiert haben, dunkel gekennzeichnet sind.

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



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

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



In *H*-EC3SA ist der komplette verfügbare Schnittgrößensatz importierbar, was durch gelbe Hinterlegung der Spalten angezeigt wird.

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

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

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

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

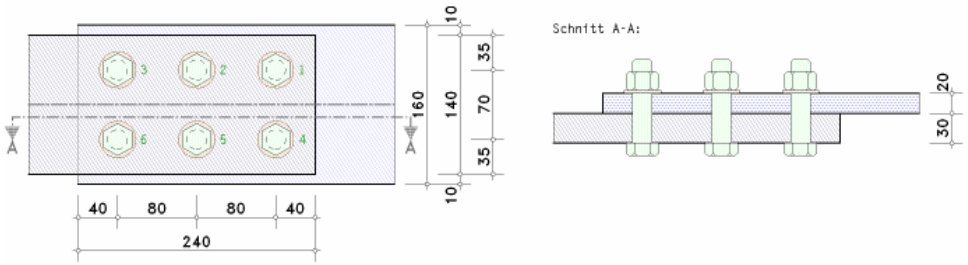
Die Kompatibilität der Querschnitts- und Nachweisparameter zwischen exportierendem und importierendem Programm ist zu gewährleisten.

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

3.3 Nachweise n. EC 3

Die Bemessung erfolgt nach Eurocode 3-1-8 mit den typspezifischen **pcae**-Programmen.

3.3.1 Anschlusstyp 1: geschraubter Stoß (direkt, einseitig)



Zwei Bleche werden mittels Schrauben verbunden. Das Schraubenbild ist bzgl. der Systemachse symmetrisch.

Der Berechnungsablauf folgt dem Nachweis einer Fahnenblechbindung für reine Normalkraftbelastung des **pcae**-Programms *##*-EC3GT, gelenkiger Trägeranschluss. Darin wird ein (Nebenträger-) Steg an ein (Fahnen-) Blech angeschlossen.

Im Folgenden wird - analog zu *##*-EC3GT - das schmalere Blech mit *Fahnenblech*, das breitere Blech mit Trägersteg (*NT*) bezeichnet.

Zunächst werden die Abstände der Schraubenreihen (Rand- und Lochabstände) überprüft.

Abstände der Schraubenreihen		
Randabstand:	$e_2 = 40.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,	$e_2 = 40.0$ mm $< 4 \cdot t_{min} + 40$ mm $= 120.0$ mm
Lochabstand:	$p_2 = 80.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 52.8$ mm,	$p_2 = 80.0$ mm $< \min(14 \cdot t_{min}, 200$ mm$) = 200.0$ mm
Randabstand:	$e_2 = 40.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,	$e_2 = 40.0$ mm $< 4 \cdot t_{min} + 40$ mm $= 120.0$ mm
Randabstand:	$e_1 = 35.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,	$e_1 = 35.0$ mm $< 4 \cdot t_1 + 40$ mm $= 120.0$ mm
Lochabstand:	$p_1 = 70.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm,	$p_1 = 70.0$ mm $< \min(14 \cdot t_{min}, 200$ mm$) = 200.0$ mm

Sind minimale Abstände nicht eingehalten (rote Ausrufezeichen), wird die Berechnung mit einer Fehlermeldung abgebrochen. Die Überschreitung maximaler Abstände (blaue Ausrufezeichen) wird lediglich kommentiert, es erfolgt kein Berechnungsabbruch.

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

Für einen Punktehaufen im y/z-Koordinatensystem gilt

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

Damit ergibt sich für jeden Punkt bzw. jede Schraube i

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

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

T_i ..... resultierende Kraft der Schraube i

Im Programm kann die Berechnung des Punktequerschnitts eingesehen werden.

Nachweise

Für Normalkraftanschlüsse sind nachzuweisen

- Abscheren und Lochleibung der Schrauben
- Blockversagen der Schraubengruppe
- Anschlussbleche mit Normalkraft

Die minimale Normalkrafttragfähigkeit wird ermittelt und den einwirkenden Größen gegenübergestellt.

Abscheren

Es liegt Schraubenkategorie A und damit keine gleitfeste Verbindung vor. Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit siehe Beschreibung der Grundkomponente 11, Schrauben mit Abscherbeanspruchung (s. Abs. 4.2, S. 25).

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

Lochleibung

Da für die Anschlussbleche unterschiedliche Randabstände und Blechdicken gelten können, wird die Tragfähigkeit separat ermittelt.

Nähere Informationen zur Berechnung der Tragfähigkeit siehe Beschreibung der Gk 12, Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung (s. Abs. 4.3, S. 26).

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

Blech mit Zug

Die Tragfähigkeit eines Blechs mit Zug wird berechnet zu

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

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

A Querschnittsfläche
A_{net} Netto-Querschnittsfläche

Bei Normalkraftverbindungen wird nur die Tragfähigkeit des Nettoquerschnitts ermittelt.

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 und einer Schraubengruppe unter exzentrischer Belastung.

Der Widerstand gegen Blockversagen ergibt sich zu

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

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

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

Bei Fahnenblechverbindungen mit reiner Normalkraft und bzgl. der Systemachse symmetrischem Schraubenbild ist das Tragverhalten stets symmetrisch und zentrisch.

Blech mit Biegung

Der Versatz der Bleche erzeugt ein Exzentrizitätsmoment. Die Normalkrafttragfähigkeit ergibt sich zu

$$N_{Rd} = f_y / \gamma_{M0} / (1/A + e_y / W_z)$$

$$M_z = N_{Rd} \cdot e_y \quad \text{Exzentrizitätsmoment}$$

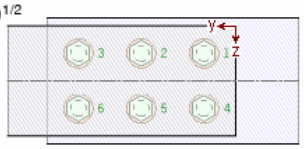
e_y Versatz der Bleche
A Querschnittsfläche
W_z Widerstandsmoment

Nachweis des Fahnenblechanschlusses Die Normalkraft wird zentrisch in die Bleche eingeleitet, das Schraubenbild ist symmetrisch bzgl. der Systemachse.

Für ein 2 x 3 - Schraubenbild ergibt sich folgender Punktequerschnitt

Punktequerschnitt:
Querschnittsfläche $A' = n_x \cdot n_z = 6$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma y_i^2 + \Sigma z_i^2 = 329.50$ cm²
Schwerpunktskoordinaten $y_s' = 120.0$ mm, $z_s' = 70.0$ mm
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = -400.00$ kN, $V_z' = 0.00$ kN, $M_x' = 0.00$ kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i$, $T_{z,i} = V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$

Punkt 1:	$y_1' = -80.0$ mm	$z_1' = -35.0$ mm	$T_1 = T_{y,1} = 66.67$ kN
Punkt 2:	$y_2' = 0.0$ mm	$z_2' = -35.0$ mm	$T_2 = T_{y,2} = 66.67$ kN
Punkt 3:	$y_3' = 80.0$ mm	$z_3' = -35.0$ mm	$T_3 = T_{y,3} = 66.67$ kN
Punkt 4:	$y_4' = -80.0$ mm	$z_4' = 35.0$ mm	$T_4 = T_{y,4} = 66.67$ kN
Punkt 5:	$y_5' = 0.0$ mm	$z_5' = 35.0$ mm	$T_5 = T_{y,5} = 66.67$ kN
Punkt 6:	$y_6' = 80.0$ mm	$z_6' = 35.0$ mm	$T_6 = T_{y,6} = 66.67$ kN



Die Ermittlung der Normalkrafttragfähigkeit wird nun exemplarisch dargestellt.

Schrauben mit Abscheren
Schraubenkategorie A:
Schaft in der Scherfuge: $\alpha_v = 0.6$, $A = 3.14$ cm²
Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80$ kN, $f_{ub} = 1000.0$ N/mm²
Schraube 1: $U_1 = T_1 / (1 \cdot F_{v,Rd}) = 0.442$, $T_1 = 66.67$ kN
Schraube 2: ....
max $U_i = 0.442$
Normalkraftfähigkeit gesamt: $N_{Rd,1} = N_{1,Ed} / \max U_i = 904.8$ kN

Anschlussblech mit Lochleibung
Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.61$
horizontal: $U_{y,1} = T_{y,1} / (1 \cdot F_{b,Rd}) = 0.382$, $T_{y,1} = 66.67$ kN
Schraube 2: ....
Gesamt: max $U_i = 0.382$
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,2} = N_{1,Ed} / \max U_i = 1047.3$ kN

Anschlussblech mit Zug (Netto)
Zugtragfähigkeit $N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{Mu} = 497.66$ kN, $A_{net} = b_{net} \cdot t = 19.20$ cm², $b_{net} = 96.0$ mm, $\gamma_{Mu} = 1.25$
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,3} = 497.7$ kN

Anschlussblech mit Zug und Schub (Blockversagen)
Zug: $A_{nt} = t_p \cdot h_{net} = 9.60$ cm², $h_{net} = 48.0$ mm
Schub: $A_{nv} = t_p \cdot b_{net} = 29.00$ cm², $b_{net} = 145.0$ mm
symmetrisch angeordnete Schraubengruppe unter zentrischer Belastung:
Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 965.45$ kN, $f_u = 360.0$ N/mm², $f_y = 235.0$ N/mm²
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,4} = 965.5$ kN

Anschlussblech mit Biegung
Nachweis einschl. Exzentrizitätsmoment infolge $e_y = 25.0$ mm
Normalkrafttragfähigkeit $N_{Rd} = f_y / \gamma_{M0} / (1/A + e_y/W_z) = 77.41$ kN
mit $A = 28.00$ cm², $W_z = 9.33$ cm³, $e_y = 25.0$ mm
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,5} = 77.4$ kN

Nebenträger mit Lochleibung analog Anschlussblech
Gesamt: max $U_i = 0.255$
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,6} = N_{1,Ed} / \max U_i = 1570.9$ kN

Nebenträger mit Zug (Netto) analog Anschlussblech
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,7} = 902.0$ kN

Nebenträger mit Zug und Schub (Blockversagen) analog Anschlussblech
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,8} = 1448.2$ kN

Nebenträger mit Biegung analog Anschlussblech
Normalkrafttragfähigkeit gesamt: $N_{Rd,9} = 188.0$ kN

Normalkrafttragfähigkeit: min $N_{Rd,p} = N_{Rd,5} = 77.4$ kN

Abschließend wird je Lastfall der Nachweis geführt. Das Nachweisergebnis gibt die maximale Ausnutzung an.

Nachweis der Verbindung

$N_{Ed} = 70.0$ kN: $N_{Ed} / \min N_{Rd} = 0.904 < 1$ ok

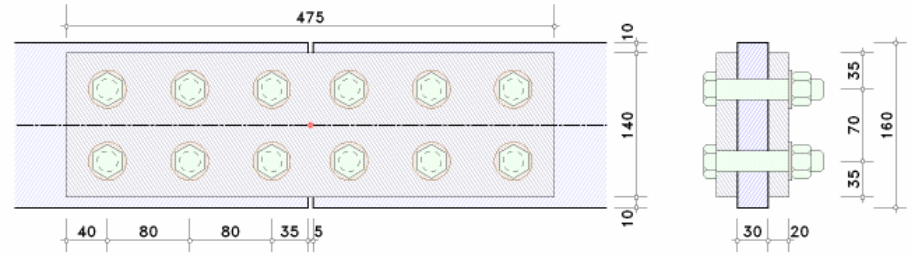
Das Ergebnis der Berechnung aller Lastfälle erfolgt letztendlich mit

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: Tragfähigkeit max $U = 0.904 < 1$ ok

Nachweis erbracht

3.3.2 Anschlusstyp 2: geschraubter Stoß (indirekt, beidseitige Laschen)



Zwei Bleche gleicher Abmessungen werden mittels geschraubter Laschen verbunden. Das Schraubenbild ist symmetrisch.

Der Berechnungsablauf folgt dem Nachweis eines Laschenstoßes für reine Normalkraftbelastung des **pcae**-Programms *##*-EC3LS, Laschenstoß. Zwei Träger werden über geschraubte Laschen miteinander verbunden.

Im Folgenden werden die Bleche - analog zu *##*-EC3LS - mit *Träger* bezeichnet.

Zunächst werden die Abstände der Schraubenreihen (Rand- und Lochabstände) überprüft.

Abstände der Schraubenreihen

Randabstand:	$e_2 = 35.0\ mm > 1.2 \cdot d_0 = 26.4\ mm$,	$e_2 = 35.0\ mm < 4 \cdot t_{min} + 40\ mm = 120.0\ mm$
Lochabstand:	$p_2 = 70.0\ mm > 2.4 \cdot d_0 = 52.8\ mm$,	$p_2 = 70.0\ mm < \min(14 \cdot t_{min}, 200\ mm) = 200.0\ mm$
Randabstand:	$e_1 = 40.0\ mm > 1.2 \cdot d_0 = 26.4\ mm$,	$e_1 = 40.0\ mm < 4 \cdot t_1 + 40\ mm = 120.0\ mm$
Lochabstand:	$p_1 = 80.0\ mm > 2.2 \cdot d_0 = 48.4\ mm$,	$p_1 = 80.0\ mm < \min(14 \cdot t_{min}, 200\ mm) = 200.0\ mm$
Randabstand:	$e_1 = 35.0\ mm > 1.2 \cdot d_0 = 26.4\ mm$,	$e_1 = 35.0\ mm < 4 \cdot t_1 + 40\ mm = 120.0\ mm$
Lochabstand:	$p_1 = 75.0\ mm > 2.2 \cdot d_0 = 48.4\ mm$,	$p_1 = 75.0\ mm < \min(14 \cdot t_{min}, 200\ mm) = 200.0\ mm$

Sind minimale Abstände nicht eingehalten (rote Ausrufezeichen), wird die Berechnung mit einer Fehlermeldung abgebrochen. Die Überschreitung maximaler Abstände (blaue Ausrufezeichen) wird lediglich kommentiert; es erfolgt kein Berechnungsabbruch.

Aus den Bemessungsgrößen ergeben sich die elastischen Spannungen am Nettoquerschnitt (d.h. unter Abzug aller Schraubenlöcher) zu

Elastische Spannungen am Nettoquerschnitt

$N_{Ed} = 400.00\ kN$
Querschnittswerte: $A = 34.80\ cm^2$, $z_s = 80.0\ mm$, $I_y = 856.98\ cm^4$, $y_s = -15.0\ mm$, $I_z = 26.10\ cm^4$

Spannungen in den Querschnittspunkten

Pkt. 1:	y = 0.0 mm	z = 0.0 mm	$\sigma_x = 114.94\ N/mm^2$
Pkt. 2:	y = 0.0 mm	z = 160.0 mm	$\sigma_x = 114.94\ N/mm^2$

Die Querschnittspunkte 1 und 2 liegen auf dem Blech oben und unten. Die dort vorhandenen Spannungen werden bei der Berechnung der Profilelemente (Bleche) verwendet.

Mit der Normalkraft wird nun die Verbindung der ('Träger'-) Bleche nachgewiesen.

Träger
Schnittgrößen im Träger: $N = N_w = 400.00\ kN$
Lastanteile: Je Lasche $f_a = 50\%$

Die am Blech wirkende Normalkraft wird flächenanteilig auf die Laschen übertragen. Um zu gewährleisten, dass das Blech die lokale Belastung aufnehmen und übertragen kann, wird es für die maßgebende Spannung nachgewiesen.

Zug
Lochabzug wird berücksichtigt.
maximale Normalspannung: $\sigma_x = 114.94\ N/mm^2$ (s.o.)
zulässige Normalspannung: $\sigma_{Rd} = 235.00\ N/mm^2$
Nachweis: $\sigma_x = 114.94\ N/mm^2 < \sigma_{Rd} = 235.00\ N/mm^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.489 < 1$ ok.

Da bei Zug der Lochabzug zu berücksichtigen ist, wird die am ***Nettoquerschnitt*** ermittelte Spannung übernommen. Andernfalls erfolgt der Nachweis für die Normalspannung σ_x = N/A.

Die Berechnung der Laschen erfolgt für die anteiligen Normalkräfte.

Lasche
Zug
Breite des Nettoquerschnitts $b_{net} = b - \Delta b = 96.0$ mm mit $\Delta b = n_2 \cdot d_0 = 44.0$ mm, $d_0 = d + \Delta d$
Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:
$N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 658.00$ kN
$N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 497.66$ kN
Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 497.66$ kN
Nachweis: $F_{Ed} = 400.00$ kN $<$ $F_{t,Rd}/f_a = 995.33$ kN $\Rightarrow$ U = 0.402 $<$ 1 ok.

Zur näheren Erläuterung der Berechnung s. GK 9, Abs. 4.1, S. 25.

Die Belastung der Schrauben wird über die Auswertung des Punktequerschnitts ermittelt. Bei einachsiger Belastung ergeben sich hier stets nur T_y-Kräfte.

Schrauben
Punktequerschnitt
Querschnittsfläche $A' = \Sigma f_{vt,i} = 6.00$, polares Trägheitsmoment $I_p' = \Sigma(f_{vt,i} \cdot (\Sigma y_i^2 + \Sigma z_i^2)) = 329.50$ cm²
Schwerpunktskoordinaten $y_s' = -117.5$ mm, $z_s' = 70.0$ mm
Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 400.0$ kN, $V_z' = -0.0$ kN, $M_x' = 0.00$ kNm
Beanspruchung $T_{y,i} = (V_y'/A' - M_x'/I_p' \cdot z_i)$, $T_{z,i} = (V_z'/A' + M_x'/I_p' \cdot y_i)$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$
Schraube 1 $y_1 = -37.5$ mm $z_1 = 35.0$ mm $T_{y,1} = 66.67$ kN $T_{z,1} = 0.00$ kN $T_1 = 66.67$ kN
etc.

Für die maximale Schraubenlast wird der Nachweis auf Abscheren geführt. Jede Schraube wird auf Lochleibung von Blech und Laschen unter Berücksichtigung der vorhandenen Rand-, Lochabstände und Belastungsrichtung nachgewiesen.

Abscheren
Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80$ kN, $\alpha_v = 0.60$
Abschertragfähigkeit je Schraube (2-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 301.59$ kN
Nachweis: $F_{Ed} = T_1 = 66.67$ kN $<$ $F_{v,Rd} = 301.59$ kN $\Rightarrow$ U = 0.221 $<$ 1 ok.
Lochleibung (getrennt nach den Richtungen)
Schraube 1:
Träger
horizontal: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 415.64$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.96$
vertikal: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 350.18$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.81$
je Lasche
horizontal: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 174.55$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.61$
vertikal: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 152.73$ kN, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.53$
Minimale Lochleibungstragfähigkeit: min $F_{b,h,Rd} = 349.09$ kN, min $F_{b,v,Rd} = 305.45$ kN
Nachweis: $F_{Ed} = |T_{y,1}| = 66.67$ kN $<$ $F_{b,Rd} = 349.09$ kN $\Rightarrow$ U = 0.191 $<$ 1 ok.

Zur näheren Erläuterung der Berechnung s. für Abscheren GK 11, Abs. 4.2, S. 25, und Lochleibung GK 12, Abs. 4.3, S. 26.

Abschließend wird je Lastfall die maximale Ausnutzung protokolliert.

Maximale Ausnutzung

Maximale Ausnutzung: max U = 0.489 $<$ 1 ok.
Spannungen

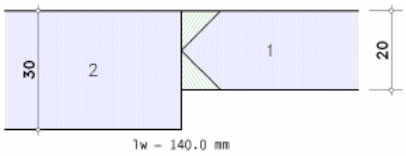
Das Ergebnis der Berechnung aller Lastfälle erfolgt letztendlich mit

Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1]: max U = 0.489 $<$ 1 ok.

Nachweis erbracht

3.3.3 Anschlusstyp 3: geschweißter Stoß (Stumpfnaht, durchgeschweißt)



Zwei Bleche werden frontal aneinander geschweißt. Die ***Schweißnaht*** wird als Stumpfnaht voll durchgeschweißt. Es ist dabei belanglos, ob die Naht einseitig (als HV-Naht) oder beidseitig (als K-Naht) ausgeführt wird.

Der Berechnungsablauf folgt dem Nachweis von Grundkomponente 19 des **pcae**-Programms *4H*-EC3GK, Grundkomponenten, für einen durchgeschweißten Blechstoß. Das richtungsabhängige Verfahren wird angewandt.

Da die Stumpfnaht durchgeschweißt ist, braucht keine Nahtdicke vorgegeben zu werden. Sie entspricht der geringeren Blechdicke.

Da die Beschreibung der Schweißnahtnachweise nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung des Schweißnahtnachweises (Abs. 4.4, S. 26) verwiesen.

Tragfähigkeit

wirksame Nahtdicke a = min(t_1,t_2) = 20.0 mm
Blechdicke t_1 = 20.0 mm > 4 mm ok.
Blechdicke t_2 = 30.0 mm > 4 mm ok.
Tragfähigkeit einer durchgeschweißten Stumpfnaht
Bedingung 1:
Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1): $f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ = 36.00 kN/cm², f_u = 360.0 N/mm², β_w = 0.80
Bedingung 2:
Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.2): $f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ = 25.92 kN/cm²

Der Nachweis wird nur für Bedingung 1 geführt

Nachweis

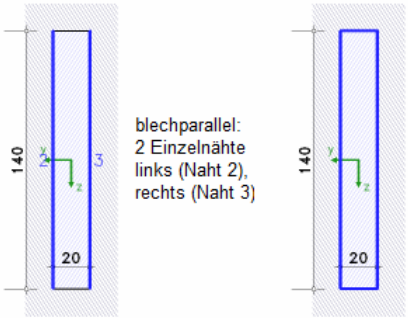
Lk 1: $f_{1,w,Ed}$ = 14.29 kN/cm² < $f_{1,w,Rd}$ = 36.00 kN/cm² ⇒ U = 0.397 < 1 ok.
$f_{2,w,Ed}$ = 14.29 kN/cm² < $f_{2,w,Rd}$ = 25.92 kN/cm² ⇒ U = 0.551 < 1 ok.

Abschließend wird die maximale Ausnutzung aus allen Lastfällen protokolliert.

Gesamt:
Lk 1: **maximale Ausnutzung U_{max} = 0.551 < 1** ok.

Nachweis erbracht

3.3.4 Anschlusstyp 4: geschweißter T-Anschluss (Kehlnaht)

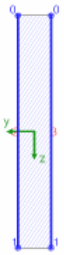


Ein Blech wird mit Kehlnähten senkrecht auf eine Platte geschweißt.

Der Berechnungsablauf folgt dem Nachweis einer Schweißnahtverbindung des **pcae**-Programms *4H*-EC3SA, Schweißnahtanschluss. Im Folgenden wird das Blech - analog zu *4H*-EC3SA - mit *Profil* bezeichnet.

Die ***Schweißnähte*** werden konzentriert in der Wurzellinie angenommen. Sie bilden den ***Linienquerschnitt*** (s. *G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 2*) zur Aufnahme bzw. Weiterleitung der Schnittgrößen.

Berechnungsquerschnitt:



Naht 2: a_w = 6.0 mm l_w = 140.0 mm
Naht 3: a_w = 6.0 mm l_w = 140.0 mm

Bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts werden die Querschnittsfläche ΣA_w, ggf. die Querschnittsflächen in y- und z-Richtung $A_{w,y}$, $A_{w,z}$, die gesamte Nahtlänge Σl_w, die Trägheitsmomente $I_{w,y}$, $I_{w,z}$, $I_{w,yz}$ und die Differenzabstände zum Querschnittsschwerpunkt Δy_w, Δz_w ermittelt.

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:
ΣA_w = 16.80 cm², Σl_w = 28.0 cm
$I_{w,y}$ = 274.40 cm⁴, $I_{w,z}$ = 16.80 cm⁴, Δy_w = 0.0 mm, Δz_w = 0.0 mm

Den Einzelnähten können Schnittgrößen zugeordnet werden, die im Schwerpunkt der Naht wirken. Damit werden die Spannungen in den maßgebenden Nachweispunkten berechnet.

Schnittgrößenverteilung:
Naht 2: N_w = 200.00 kN
Naht 3: N_w = 200.00 kN

Spannungen in den Endpunkten der Nähte:
Naht 2, Pkt. 0: $\sigma_{w,x}$ = 238.10 N/mm²
Pkt. 1: $\sigma_{w,x}$ = 238.10 N/mm²
Naht 3, Pkt. 0: $\sigma_{w,x}$ = 238.10 N/mm²
Pkt. 1: $\sigma_{w,x}$ = 238.10 N/mm²

Sowohl Druck- als auch Zugnähte werden mit dem richtungsabhängigen Verfahren nachgewiesen.

Nachweise in den Endpunkten der Einzelnähte:
Nachweis für Naht 2, Pkt. 0:
Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche (α = 45°, $\sigma_w = \sigma_{w,x}$):
$\sigma_s = \sigma_w \cdot \cos(\alpha)$ = 168.4 N/mm²
$\tau_s = \sigma_w \cdot \sin(\alpha)$ = 168.4 N/mm²
$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_s^2 + 3 \cdot (\tau_s^2 + \tau_p^2))^{1/2}$ = 33.67 kN/cm²
Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1): $f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ = 36.00 kN/cm²
$\sigma_{1,w,Ed}$ = 33.67 kN/cm² < $f_{1,w,Rd}$ = 36.00 kN/cm² ⇒ U = 0.935 < 1 ok.
$\sigma_{2,w,Ed} = |\sigma_s|$ = 16.84 kN/cm²
Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.2): $f_{2,w,Rd} = 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ = 25.92 kN/cm²
$\sigma_{2,w,Ed}$ = 16.84 kN/cm² < $f_{2,w,Rd}$ = 25.92 kN/cm² ⇒ U = 0.650 < 1 ok.
etc.

Da die Beschreibung der Schweißnahtnachweise nach EC 3 programmübergreifend identisch ist, wird auf die allgemeine Beschreibung des Schweißnahtnachweises (Abs. 4.4, S. 26) verwiesen.

Abschließend wird die maximale Ausnutzung der berechneten Lastkombination angezeigt.

Ergebnis:
Naht 2, Pkt. 0: $\sigma_{w,x}$ = 238.10 N/mm²
Max: $\sigma_{1,w,Ed}$ = 33.67 kN/cm² < $f_{1,w,Rd}$ = 36.00 kN/cm²,
$\sigma_{2,w,Ed}$ = 16.84 kN/cm² < $f_{2,w,Rd}$ = 25.92 kN/cm² ⇒ U_w = 0.935 < 1 ok.

Das Ergebnis der Berechnung aller Lastfälle erfolgt letztendlich mit

Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1]: Tragfähigkeit max U = 0.935 < 1 ok.

Nachweis erbracht

4 Grundkomponenten

4.1 Blech mit Zug- oder Druckbeanspruchung

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

4.1.1 Anwendungsvoraussetzung

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

4.1.2 Tragfähigkeit

Zugbelastung

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

- dem Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts

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

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

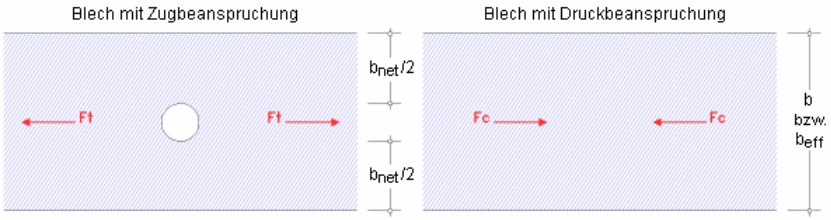
$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Druckbelastung

Der Bemessungswert der ***Druckbeanspruchbarkeit*** ist anzusetzen mit

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

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



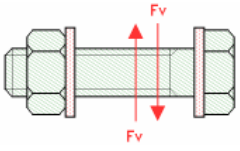
4.2 Schrauben mit Abscherbeanspruchung

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

4.2.1 Anwendungsgrenzen

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

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 5.1, S. 27, zur Berechnung der Abschertragfähigkeit von Schrauben.



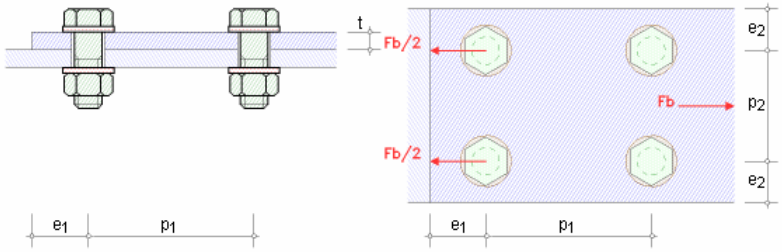
4.3 Schrauben mit Lochleibungsbeanspruchung

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

4.3.1 Anwendungsgrenzen

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

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 5.1, S. 27, zur Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit von Schrauben.



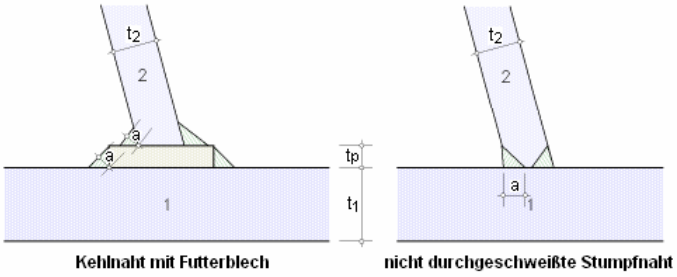
4.4 Schweißnähte

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

4.4.1 Anwendungsgrenzen

In dieser Grundkomponente wird die Tragfähigkeit einer doppelseitigen Schweißnaht ermittelt.

Nähere Informationen finden Sie in der Programmbeschreibung der *Basisverbindungen*, Abs. 5.2, S. 33, zur Berechnung der Schweißnähte.

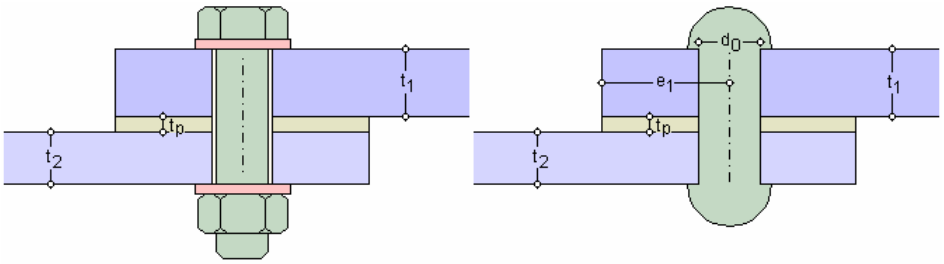


5 Basisverbindungen

5.1 Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen

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

5.1.1 Schrauben und Niete



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

Scherbeanspruchung

Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
- Bemessungswert der Schertragfähigkeit
- Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit

Kategorie B: Gleitfeste Verbindung (GZG) für hochfeste vorgespannte Schrauben
- Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZG
- Bemessungswert der Schertragfähigkeit
- Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
- Injektionsschrauben: Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes

Kategorie C: Gleitfeste Verbindung (GZT) für hochfeste vorgespannte Schrauben
- Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZT
- Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
- Injektionsschrauben: Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes
- bei Zugverbindungen: Bemessungswert des plastischen Widerstands des Nettoquerschnitts im kritischen Schnitt durch die Schraubenlöcher

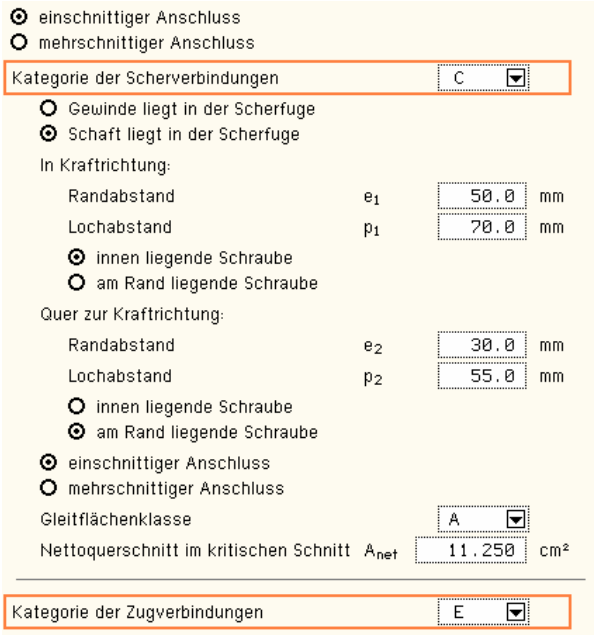
Zugbeanspruchung

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

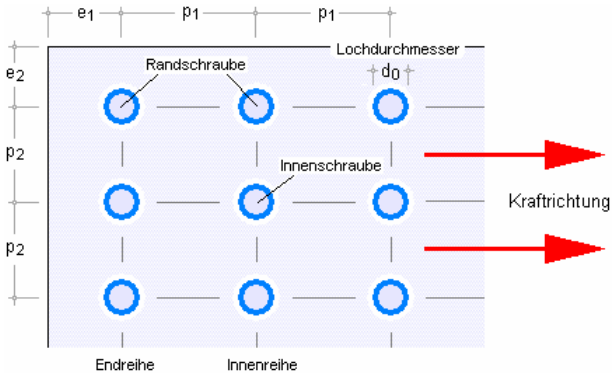
Kategorie E: Zugbeanspruchung für hochfeste vorgespannte Schrauben
- Bemessungswert der Zugtragfähigkeit
- Bemessungswert der Durchstanztragfähigkeit

5.1.2 Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete

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



Die Abstände sind folgendermaßen definiert:



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

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

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

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

Abscheren je Scherfuge

Schraube

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

Niet

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

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

Übertragen Schrauben oder Niete Scherkräfte über Futterbleche, ist die Schertragfähigkeit abzumindern mit

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

Lochleibung

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

Beiwert α_d in Kraftrichtung

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

Beiwert k_1 quer zur Kraftrichtung

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Zug

Schraube

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

Niet

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

Durchstanzen

Schraube (bei Niet nicht erforderlich)

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

Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug

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

Gleiten

im GZT

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

im GZG

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

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

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

$k_s = 0.85$ ..... übergroßen Löchern

$k_s = 0.85$ ..... kurzen Langlöchern ⊥ Kraftrichtung

$k_s = 0.7$ ..... großen Langlöchern ⊥ Kraftrichtung

$k_s = 0.76$ ..... kurzen Langlöchern ∥ Kraftrichtung

$k_s = 0.63$ ..... großen Langlöchern ∥ Kraftrichtung

n ..... Anzahl Reiboberflächen (=1 bei einschnittigen Verbindungen)

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

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

im GZT

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

im GZG

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

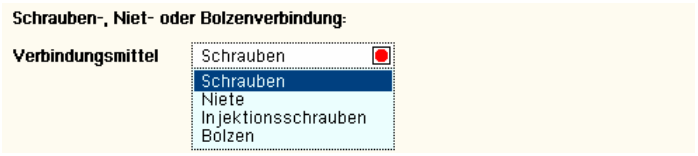
Querschnittsversagen bei Zugverbindungen

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

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

5.1.3 Schrauben

Für geschraubte Verbindungen werden folgende Verbindungsmittel angeboten



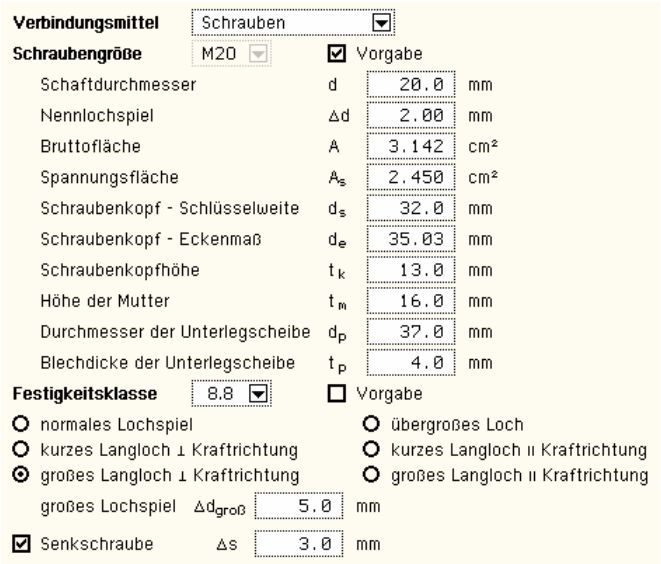
Die Berechnung der Tragfähigkeit erfolgt mit den Parametern der genormten Größen oder mit den vom Anwender eingegebenen Werten. Durch Betätigen des Buttons ***Vorgabe*** werden die im Programm verwendeten Parameter freigegeben und können verändert werden.

5.1.3.1 Schrauben, Injektionsschrauben

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

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

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



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

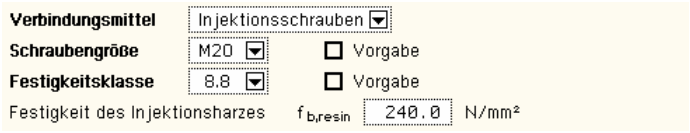
Bei normaler Schlüsselweite wird nur eine Unterlegscheibe, bei großer Schlüsselweite werden zwei Unterlegscheiben angeordnet.

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

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

Das Nennlochspiel bestimmt die Lochleibungstragfähigkeit und den Gleitwiderstand.

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



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

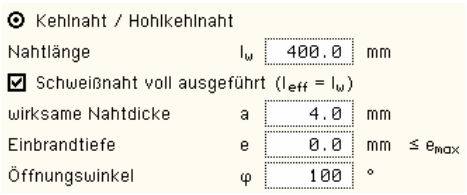
In den Zwischenraum zwischen Schraubenschaft und Lochwandung wird ein Injektionsharz eingefüllt, um die Belastung infolge Schlupf zu vermeiden. Dadurch ist neben Abscheren, Gleiten und Zug die Lochleibungstragfähigkeit zwischen Injektionsharz und Anschlussblechen nachzuweisen.

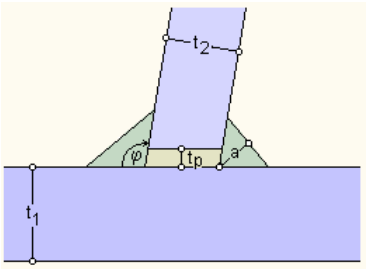
5.2 Tragfähigkeit von Schweißverbindungen

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

Die Norm behandelt Kehlnähte, Schlitznähte, Stumpfnähte und Lochschweißungen.

5.2.1 Kehlnähte





Wird keine Nahtlänge vorgegeben, werden die Ergebnisse auf den lfd. m bezogen.

Bei vorgegebener Länge kann die Schweißnaht voll ausgeführt sein, d.h. die wirksame Nahtlänge entspricht dem eingegebenen Wert oder die Länge ist um den 2-fachen Betrag der Kehlnahtdicke zu reduzieren.

Eine Länge von weniger als 30 mm oder des 6-fachen der Nahtdicke sollte zur Übertragung von Kräften nicht in Betracht gezogen werden (EC 3-1-8, 4.5.1).

Die wirksame Nahtdicke einer Kehlnaht sollte größer als 3 mm sein (EC 3-1-8, 4.5.2).

Nach NA-DE ist zusätzlich bei einer Blechdicke von 3 mm und mehr eine Mindestdicke von

$$a \geq \sqrt{\max t} - 0.5$$

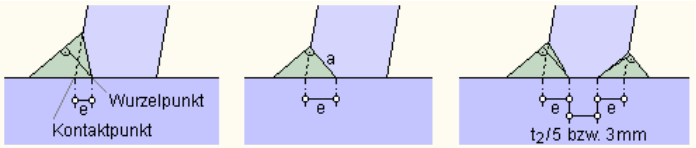
vorgeschrieben.

In Anlehnung an DIN 18800 wird auch nach NA-DE die maximale Schweißnahtdicke überprüft

$$a \leq 0.7 \cdot \min t$$

Ist kein Futterblech angeordnet, kann die Kehlnaht tief eingebrannt sein, d.h. die Naht trägt gegenüber einer nicht eingebrannten Kehlnaht nicht so stark auf. Der Eingabewert der wirksamen Nahtdicke wird davon nicht beeinflusst!

Die maximale Einbrandtiefe ist an geometrische Gegebenheiten geknüpft (s.a. T-Stöße in EC 3-1-8, 4.7.3)

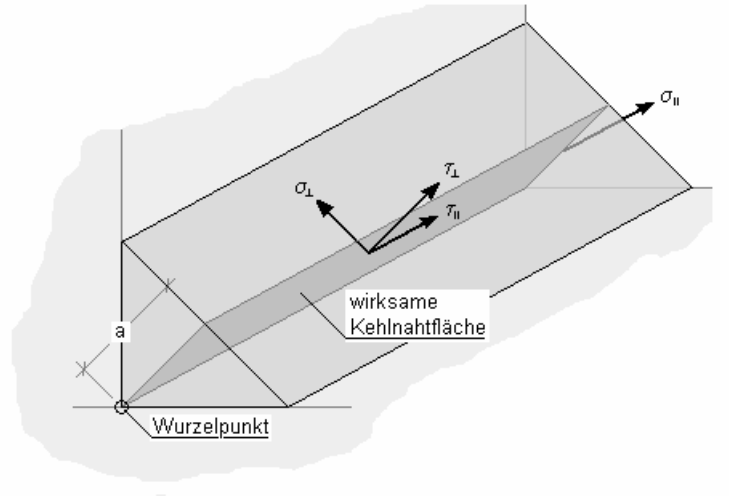


Der Öffnungswinkel bezeichnet den Winkel zwischen den zu verschweißenden Anschlussblechen und sollte bei Kehlnähten zwischen 60° und 120° liegen. Kleinere Winkel sind zugelassen, werden aber wie nicht durchgeschweißte Stumpfnähte behandelt (EC 3-1-8, 4.3.2.1).

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

richtungsbezogenes Verfahren

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



Die auf die Kehlnaht einwirkenden Spannungen ergeben sich zu

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

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

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

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

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

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

vereinfachtes Verfahren

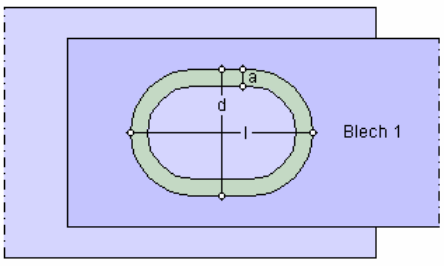
Die Resultierende aller auf die Kehlnaht einwirkenden Kräfte muss die folgende Bedingung erfüllen

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

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

5.2.2 Schlitznähte

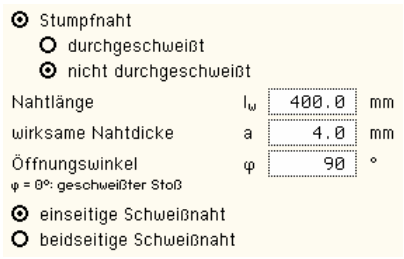
Schlitznaht			
Lochdurchmesser	d	48.0	mm
Lochlänge	l	70.0	mm
wirksame Nahtdicke	a	6.0	mm

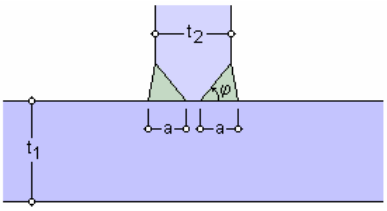


Der Durchmesser d des Schlitzes darf nicht kleiner sein als die 4-fache Blechdicke (EC 3-1-8, 4.3.3(2)).

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

5.2.3 Stumpfnähte





Stumpfnähte können durchgeschweißt oder nicht durchgeschweißt ausgeführt werden.

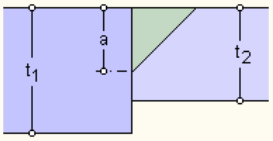
Eine durchgeschweißte Stumpfnaht ist eine Schweißnaht mit vollständigem Einbrand und vollständiger Verschmelzung des Schweißwerkstoffs mit dem Grundmaterial über die gesamte Dicke der Verbindung (EC 3-1-8, 4.3.4(1)), d.h. a = t_2/2 bei beidseitiger Schweißung bzw. a = t_2 bei einseitiger Schweißung.

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

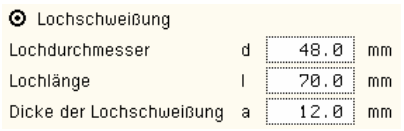
Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen, während die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten wie für Kehlnähte zu ermitteln ist (EC 3-1-8, 4.7.1+2).

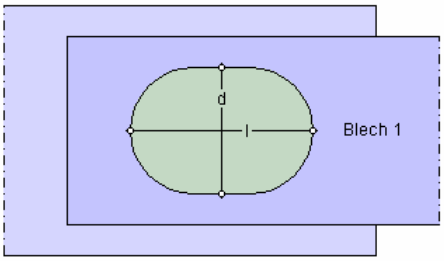
Bei einem Öffnungswinkel von 0° wird ein Stoß verschweißt.

Die maximale Schweißnahtdicke ist auf die Dicke des dünnsten Anschlussblechs beschränkt.



5.2.4 Lochschweißung





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

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

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

$a = t_1$ ..... für ... $t_1 \leq 16\,mm$

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

Die Tragfähigkeit einer Lochschweißung ergibt sich zu

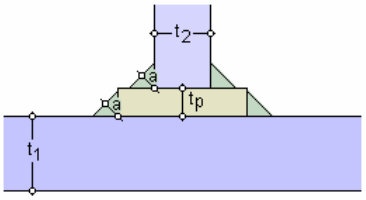
$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot A_w$ ... mit ... $A_w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + (l - d) \cdot d$ (Scherfestigkeit $f_{vw,d}$ s. Kehlnaht)

5.2.5 Anordnung von Futterblechen bei Kehl-, Schlitz- und Lochnähten

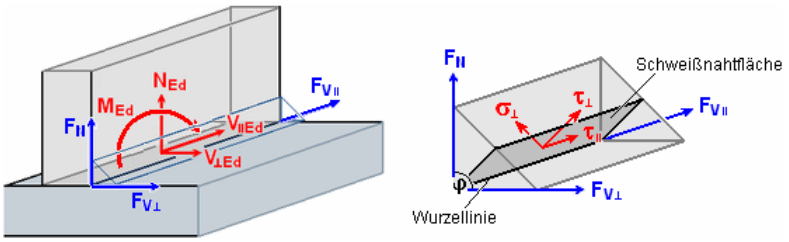
Das Futterblech sollte bündig zum Rand des zu verschweißenden Bauteils angepasst sein (EC 3-1-8, 4.4(1)). Es gilt

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

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



5.2.6 Umrechnung von Blechschnittgrößen in Schweißnahtkräfte



Schnittgrößen, die im Anschlussblech wirken, werden in die Bemessungsspannungen bzw. resultierende Bemessungskraft der Schweißnaht umgerechnet, die in der Schweißnahtfläche wirken.

Bei beidseitiger Naht halbieren sich die Kräfte (s. Vorfaktor 0.5). Die Normalkraft im Blech N_{Ed} wirkt als Zugkraft senkrecht zur Nahtachse, das Biegemoment M_{Ed} dreht senkrecht zur Nahtachse um V_{Ed} und erzeugt zusätzlich zur Normalkraft Zug in der Wurzellinie.

Bei einseitigem Anschluss von Kehlnähten oder nicht durchgeschweißten Stumpfnähten sollte das sich aus der Exzentrizität ergebende Zusatzmoment berücksichtigt werden, sofern es Zug in der Schweißnahtwurzel erzeugt (EC 3-1-8, 4.12).

Es gelten folgende Beziehungen

Bemessungswerte der im Wurzelpunkt wirkenden Kräfte

$F_{N,Ed} = 0.5 \cdot (N_{Ed} + M_{Ed} \cdot A_w / W_w) / l_{eff}$ ..... $A_w = a \cdot l_{eff}$ ..... $W_w = a \cdot l_{eff}^2 / 6$

$F_{V_{II},Ed} = 0.5 \cdot V_{II,Ed} / l_{eff}$

$F_{V_\perp,Ed} = 0.5 \cdot V_{\perp,Ed} / l_{eff}$

Bemessungswerte der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden Kräfte $(\alpha = \varphi/2)$

$F_{Ed}(\sigma_\perp) = F_{N,Ed} \cdot \sin\alpha + F_{V_\perp,Ed} \cdot \cos\alpha$

$F_{Ed}(\tau_\perp) = F_{N,Ed} \cdot \cos\alpha - F_{V_\perp,Ed} \cdot \sin\alpha$

$F_{Ed}(\tau_{II}) = F_{V_{II},Ed}$

aus exzentrischer Belastung bei einseitiger Schweißnaht

Zusatzmoment senkrecht zur Naht $\Delta M_\perp = N_{Ed} \cdot e_\perp$ ..... mit ... $e_\perp = t_2/2 - e + a/2 \cdot \cos\alpha$

Zusatzspannung ..... $\Delta\sigma_\perp = \Delta M_\perp / W_{w,\perp}$ ... mit ... $W_{w,\perp} = l_{eff} \cdot a^2/6$

Bemessungswert der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden resultierenden Kraft

$F_{w,Ed} = (F_{Ed}^2(\sigma_\perp) + F_{Ed}^2(\tau_\perp) + F_{Ed}^2(\tau_{II}))^{0.5}$

Bemessungswerte der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden Spannungen

$\sigma_\perp = F_{Ed}(\sigma_\perp)/a$ ..... $\tau_\perp = F_{Ed}(\tau_\perp)/a$ ..... $\tau_{II} = F_{Ed}(\tau_{II})/a$

6 Allgemeines

6.1 Nationale Anhänge zu den Eurocodes

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

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

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

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

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

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

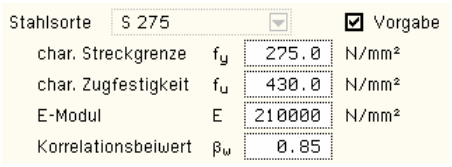
Darüber hinaus stellt pcae ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem weitere NAe aus Kopien der bestehenden NAe erstellt werden können. Dieses Werkzeug, das über ein eigenes Hilfedokument verfügt, wird normalerweise aus der Schublade des DTE®-Schreibtisches heraus aufgerufen (Beschreibung s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*).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

6.2 Stahlsorten

In pcae-Programmen werden folgende typisierten Stahlsorten vorgehalten (s. EC3-1-1, 3.2.1, Tab.3.1)

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

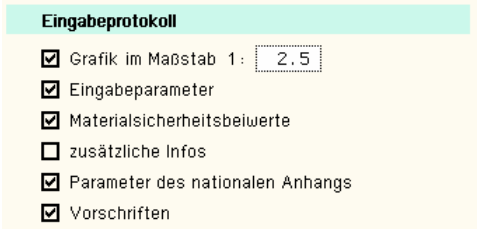
Natürlich können die zur Bemessung in diesem Programm verwendeten Parameter verändert und an geeignete Produktnormen angepasst werden.



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

6.3 Ausdrucksteuerung

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



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

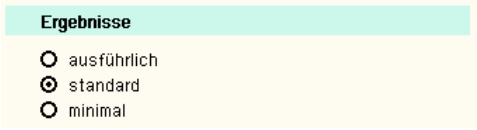
Der Maßstab kann entweder vorgegeben werden oder die Zeichnung wird im Falle einer Eingabe von 0 größtmöglich in den dafür vorgesehenen Platz gesetzt.

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

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

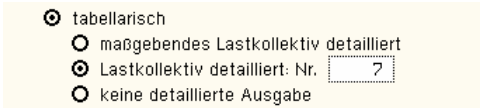
Im Anschluss an die Ergebnisse sind die zur Bemessung der Basisverbindungen maßgebenden ***Parameter des nationalen Anhangs*** angeordnet.

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



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

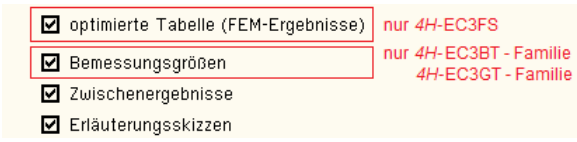
- eine ausführliche Ergebnisausgabe beinhaltet die Ausgabe sämtlicher verwendeter Formeln, um Schritt für Schritt den Lösungswert nachzuvollziehen
- ist dagegen die Ergebnisausgabe minimal, wird nur das Endergebnis ohne weiteren Kommentar ausgedruckt
- im Normalfall reicht die Standardausgabe, bei der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



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

Optional kann das maßgebende Lastkollektiv, das zur maximalen Ausnutzung geführt hat, in der Standard-Form angefügt werden. Alternativ kann es sinnvoll sein, den Berechnungsablauf eines frei wählbaren Lastkollektivs ausgeben zu lassen. Es kann auch ***keine detaillierte Ausgabe*** erfolgen.

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



Im Programm *4H*-EC3FS, freier Stirnplattenstoß, können die FEM-Ergebnisse in einer optimierten Tabelle ausgegeben werden.

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

Um den Umfang des Berechnungsprotokolls zu reduzieren, kann die Ausgabe von ***Zwischenergebnissen*** und/oder ***Erläuterungsskizzen*** unterdrückt werden.

Das Abschalten der Erläuterungsskizzen betrifft nicht die Ausgabe der Übersichtsgrafik (s.o.).

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

7 Literaturverzeichnis

Normen

/1/ DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/2/ DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/3/ DIN EN 1991-1-2, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/4/ DIN EN 1991-1-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe September 2015

/5/ DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dez. 2010

/6/ DIN EN 1993-1-1/A1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juli 2014

/7/ DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dez. 2018

/8/ DIN EN 1993-1-2, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/9/ DIN EN 1993-1-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/10/ DIN EN 1993-1-3, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche; Deutsche Fassung EN 1993-1-3:2006 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/11/ DIN EN 1993-1-3/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Regeln - Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/12/ DIN EN 1993-1-5, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Oktober 2019

/13/ DIN EN 1993-1-5 Berichtigung 1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Berichtigung 1, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Juli 2020

/14/ DIN EN 1993-1-5/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/15/ DIN EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/16/ DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2020

/17/ DIN EN 1999-1-1, Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsche Fassung EN 1999-1-1:2007 +

A1:2009 + A2:2013, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe März 2014

/18/ DIN EN 1999-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010

/19/ DIN 18800-1, Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2008

Bemessung

/20/ E. Kahlmeyer, K. Hebestreit, W. Vogt: Stahlbau nach EC3, Bemessung und Konstruktion, Träger - Stützen - Verbindungen, 6. Auflage, Werner-Verlag, 2012

/21/ R. Kindmann, M. Stracke: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012

/22/ R. Kindmann, M. Krüger: Stahlbau Teil 1: Grundlagen, 5. Aufl., Verl. Ernst & Sohn, 2013

/23/ R. Kindmann: Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung, 4. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2008

/24/ R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele, Verlag Ernst & Sohn, 2002

/25/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 1: Tragwerksplanung, Grundlagen, 5. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/26/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 2: Verbindungen und Konstruktionen, 3. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2011

/27/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/28/ D. Ungermann, K. Weynand, J.-P. Jaspart, B. Schmidt: Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen, Stahlbau Kalender 2005, Verlag Ernst & Sohn, 2005

/29/ D. Ungermann, S. Schneider: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, Stahlbau Kalender 2013, Verlag Ernst & Sohn, 2013

/30/ D. Ungermann, M. Feldmann, O. Oberegge et.al.: Entwicklung eines Bemessungsmodells für geschraubte, momententragfähige Kopfplattenverbindungen mit 4 Schrauben in einer Schraubenreihe auf der Grundlage der prEN 1993-1-8:2003: Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben AiF Nr. 15059, Deutscher Ausschuss für Stahlbau (DASt), Stahlbau Verlags- und Service GmbH, 2009

/31/ Björn Schmidt: Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe, Dissertation, TU Dortmund, 2008

/32/ Beispiele zur Bemessung von Stahltragwerken nach DIN EN 1993 Eurocode 3, baufo-rumstahl e.V., Verlag Ernst & Sohn Gmbh & Co. KG

/33/ K. Weynand, R. Oerder: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau Verlag- und Service GmbH, Gesamtausgabe 2013

/34/ L. Nasdala, B. Hohn, R. Rühl: Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit elastomerer Zwischenschicht, Bauingenieur, Bd. 80, Dezember 2005

/35/ Y. Ciupack, H. Pasternak: Thermisch getrennte Stirnplattenstöße, Bauingenieur, Bd. 88, Dezember 2013

/36/ Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf, www.calenberg-ingenieure.de

/37/ ECCS Document No. 126: European Recommentdations for the Design of Simple Joints in Steel Structures. ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Demonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume

/38/ D. Ungermann, R. Puthli, Th. Ummenhofer, K. Weynand: Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Band 2: Anschlüsse, DIN EN 1993-1-8 mit Nationalem Anhang, Kommentar und Beispiele, 2015

/39/ B. Braun, U. Kuhlmann: Bemessung und Konstruktion von aus Blechen zusammengesetzten Bauteilen nach DIN EN 1993-1-5, Stahlbau-Kalender 2009, Verlag Ernst & Sohn, 2009

/40/ U. Kuhlmann, A. Zizza, B. Braun: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Plattenförmige Bauteile, Stahlbau Kalender 2012, Verlag Ernst & Sohn, 2012

/41/ R. Timmers, G. Lener, F. Sinur, B. Kövesdi, R. Chacon: Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-5 - Theorie und Beispiele, Stahlbau-Kalender 2015, Verlag Ernst & Sohn, 2015

/42/ M. Feldmann, U. Kuhlmann, M. Mensinger: Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln für Stahl- und Verbundträger mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau: Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben AiF Nr. 14771, Deutscher Ausschuss für Stahlbau (DASt), Stahlbau Verlag GmbH, 2008

/43/ C. Seeßelberg: Kranbahnen, 4. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

/44/ A. Steurer: Das Tragverhalten und Rotationsvermögen geschraubter Stirnplattenverbindungen, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Zürich, Dezember 1999

/45/ T. Laufs, C. Radlbeck: Aluminiumbau-Praxis nach Eurocode 9, Berechnung und Konstruktion,Bauwerk, Bauwerk, Beuth-Verlag GmbH, 2015

/46/ J.-M. Franssen, P. Vila Real: Fire Design of Steel Structures, 2nd Edition, ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2015

/47/ DASt-Richtlinie 027: Ermittlung der Bauteiltemperatur feuerverzinkter Stahlbauteile im Brandfall, Ausgabe Nov. 2020

/48/ M. Mensinger, M. Stadler: Brandschutznachweise, Workshop Eurocode 3 - Rechenbeispiele, 8. November 2008, München

/49/ Berechnungsrichtlinie für die Querschnitts- und Stabbemessung nach Eurocode 3 mit Schwerpunkt auf semi-kompakten Querschnitten; TU Graz Institut für Stahlbau, Lessingstr. 25/38010 Graz

/50/ W. Martin: ζ-Werte für den Biegedrillknicknachweis von I-Profilen

/51/ J. Lindner, J. Scheer, H. Schmidt: Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4, Beuth-Kommentare

/52/ J. Lindner: Stabilisierung von Trägern durch Trapezbleche, Stahlbau 56 (1987), S. 9-15

/53/ R. Puthli: Hohlprofilkonstruktionen im Geschossbau - Ausblick auf die europäische Normung, Stahlbau-Kalender 2002, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002

/54/ R. Puthli, R. Ummenhofer, J. Wardenier, I. Pertermann: Anschlüsse mit Hohlprofilen nach DIN EB 1993-1-8, Stahlbau-Kalender 2011, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2011

/55/ J. Wardenier, Y. Kurobane, J.A. Packer, G.J. van der Vegte, X.-L. Zhao: Berechnung + Bemessung von Verbindungen aus Rundhohlprofilen unter vorwiegend ruhender Belastung, CIDECT 1, 2. Aufl. 2008/2011

/56/ J.A. Packer, J. Wardenier, X.-L. Zhao, G.J. van der Vegte, Y. Kurobane: Anschlüsse mit rechteckigen Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Belastung, CIDECT 3, 2. Aufl. 2009/2012

8 Index

Abkürzungen ... 2
Abscheren ... 19, 25
Anhang nationaler ... 37
Anschlussparameter ... 11
Bauteil erzeugen ... 7
blank ... 2
Blech ... 25
Blechschnittgrößen ... 36
Blockversagen ... 19
Buttons ... 2
Cursor ... 2
Druckbeanspruchbarkeit ... 25
Druckliste ... 38
Einstellungen ... 14
Einwirkung ... 2
e-Mail ... 6
Englisch ... 38
Export ... 11
Extremalbildungsvorschrift ... 2
Fahnenblechanschluss ... 20
Festigkeitsklasse ... 31
Fremdsprache ... 38
Futterblech ... 36
Import ... 11
Injektionsschraube ... 31
Installation ... 5
Kehlnaht ... 33
Kontextsensitivität ... 6
Laschenstoß ... 21
Lastbild ... 2
Lastfall ... 2
Lastkollektiv ... 2
Linienquerschnitt ... 24
Lochleibung ... 19, 26
Lochschweißung ... 35
Materialsicherheitsbeiwert ... 11
Nachweise ... 18
Nettoquerschnitt ... 22
Normalkraft ... 15
Ordner ... 7
Punktequerschnitt ... 18
Schlitznaht ... 34
Schnittgrößen ... 15
Schnittgrößenimport ... 15
Schraube ... 31
Schraubenverbindungen ... 27
Schreibtisch ... 6
Schreibtischauswahl ... 5
Schweißnaht ... 23, 24, 26
Schweißnahtkräfte ... 36
Schweißverbindung ... 33
Senkschraube ... 31
Stahlsorte ... 37
Startsymbol ... 5
Steuerbutton ... 6, 9
Stumpfnaht ... 35
Tragfähigkeit Niet ... 28
Tragfähigkeit Schraube ... 28
Zugbeanspruchbarkeit ... 25
Zugtragfähigkeit ... 19