



4H STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop ®
Engineering



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



4H-EC3BV

Basisverbindungen

4H-EC3BV

Basisverbindungen

Copyright 2012-2025

13. erweiterte Auflage, November 2025

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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

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

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

Produktbeschreibung

Mit dem Programm //EC3BV, Basisverbindungen, können Schrauben- und Schweißverbindungen sowie T-Stummelverbindungen unter Zug- und Druckbelastung nachgewiesen werden.

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



allgemeine Parameter

Allgemeingültige, d.h. für alle Verbindungstypen geltende Parameter sowie Steuerungsmechanismen zur vereinfachten Eingabe werden im ersten Registerblatt angeboten.



Schraubenverbindung

Im zweiten Registerblatt werden die Parameter zur Bemessung einer Schraubenverbindung (Schrauben, Niete, Injektionsschrauben und Bolzen) angeboten. Dazu sind zunächst das Verbindungsmittel und die Anschlussbleche zu definieren.

Die Nachweisparameter zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbindung sind abhängig vom gewählten Verbindungsmittel und der Nachweiskategorie.

Sind die Parameter plausibel, wird die Schraubenverbindung in der grafischen Darstellung am Bildschirm maßstäblich visualisiert.



Schweißverbindung

Die Parameter zur Bemessung von Schweißverbindungen werden im dritten Registerblatt eingegeben. Der Typ der Schweißnaht und die Anschlussbleche sind anzugeben.

Mit diesen Werten kann die Tragfähigkeit der Verbindung nach dem richtungsbezogenen oder dem vereinfachten Verfahren berechnet werden.

Auch hier wird die Schweißverbindung bei sinnvoller Werteingabe in der grafischen Darstellung am Bildschirm maßstäblich protokolliert.



T-Stummelverbindung mit Zugbelastung

Die T-Stummelverbindung mit Zugbelastung ist eine spezielle Schraubenverbindung zur Bemessung z.B. von Stirnplattenanschlüssen. Daher sind neben den Schraubenparametern und den Flanschabmessungen für verschiedene Anschlussarten zusätzliche geometrische Angaben notwendig.

Die T-Stummelverbindung mit Zugbelastung wird bei sinnvoller Eingabe in der grafischen Darstellung am Bildschirm maßstäblich angezeigt.



T-Stummelverbindung mit Druckbelastung

Ein Fußplattenanschluss kann mit Hilfe einer T-Stummelverbindung mit Druckbelastung bemessen werden. Es sind Angaben zu den Flanschabmessungen und zur Nachweisführung notwendig.

Bei sinnvoller Eingabe wird die T-Stummelverbindung mit Druckbelastung in der grafischen Darstellung am Bildschirm maßstäblich angezeigt.



nationale Parameter

Weiterhin sind zur vollständigen Beschreibung der Berechnungsparameter die maßgeblichen nationalen Parameter des Eurocodes zu belegen. Über den NAD-Button wird das entsprechende Eigenschaftsblatt aufgerufen.

In diesem Programm wird lediglich das Register für die Bemessungsparameter des EC3-1-8 angeboten.

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 //EC3BV von detaillierterem Computerwissen unabhängig zu halten.

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

Zur *HF-EC3BV*-Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch
DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *HF-EC3BV*.

pcae GmbH

Hannover, im November 2025

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

RMT	rechte Maustaste drücken
LMT	linke Maustaste drücken
LF	Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp	Nachweistyp
Ei.	Element
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Buttons

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



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

Index

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

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

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv** und **Extremabildungsvorschrift** 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.

Datenzustand
überprüfen

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Bauteil erzeugen.....	7
3	Eingabeoberfläche.....	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Schrauben, Niete, Bolzen.....	11
3.2.1	Schrauben, Injektionsschrauben.....	11
3.2.2	Niete	13
3.2.3	Bolzen	14
3.2.4	Ankerschrauben	14
3.3	Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen	15
3.3.1	Schrauben und Niete	15
3.3.2	Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete	16
3.3.3	Bolzen	19
3.3.4	Ankerschrauben	21
3.4	Tragfähigkeit von Schweißverbindungen	23
3.4.1	Kehlnähte	23
3.4.2	Schlitznähte.....	25
3.4.3	Stumpfnähte	25
3.4.4	Lochschweißung	26
3.4.5	Anordnung von Futterblechen bei Kehl-, Schlitz- und Lochnähten.....	26
3.4.6	Umrechnung von Blechschnittgrößen in Schweißnahtkräfte	26
3.5	Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung.....	28
3.5.1	Berechnung der wirksamen Längen	30
3.5.2	Tragfähigkeit.....	32
3.6	T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe	33
3.6.1	B. Schmidt	33
3.6.2	AIF-Bericht 15059	38
3.6.3	G. Wagenknecht	39
3.7	Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung	40
3.7.1	Berechnung der wirksamen Breite	41
3.7.2	Tragfähigkeit.....	41
3.8	Stahlsorten	42
3.9	Anschlussbleche	43
3.10	Grafische Darstellung	43
3.11	Ausdrucksteuerung	44
3.12	Nationale Anhänge zu den Eurocodes.....	45
4	Literaturverzeichnis	46
5	Index	49

Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *4H-EC3BV* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *4H*-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.



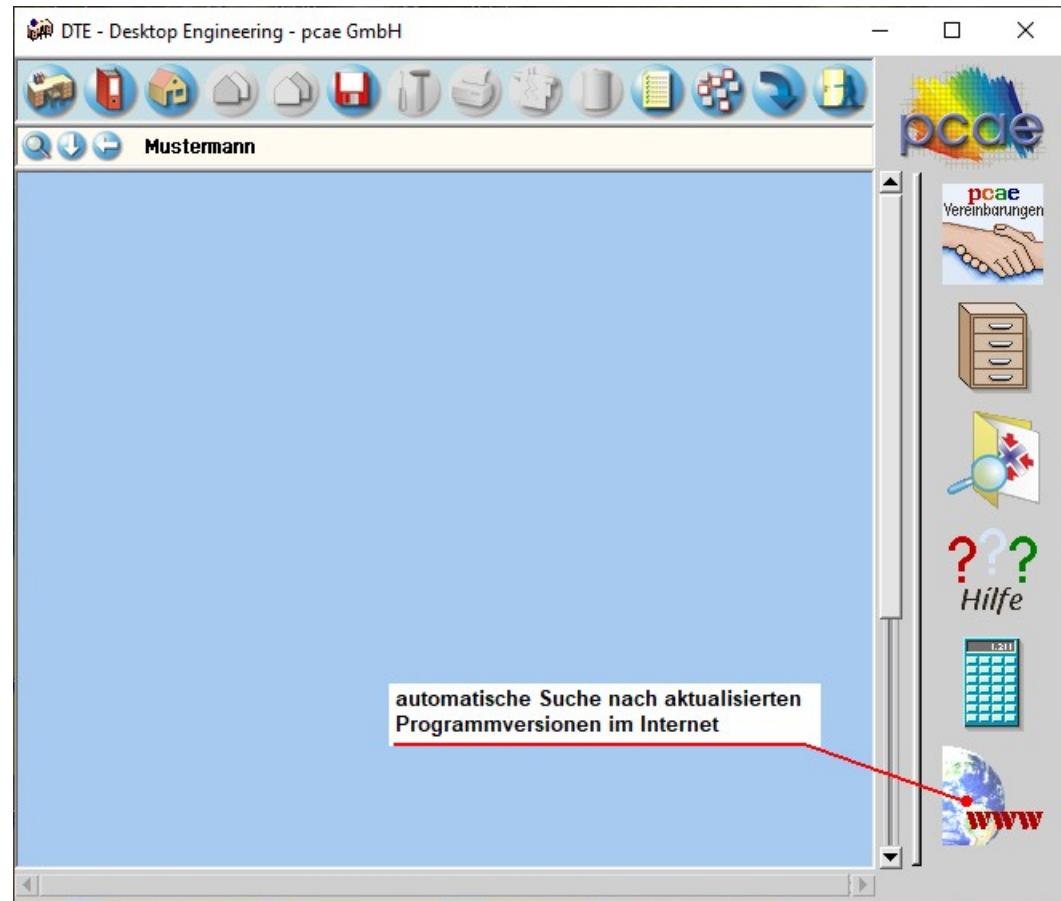
Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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 aktvierten Bauteils

druckt die Datenkategorien des aktvierten Bauteils

ruft das Planerstellungsmodul des aktvierten Bauteils

löscht das aktivierte Bauteil/Ordner

öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste

öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen

eröffnet Verwaltungsfunktionen

schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung

Bauteil erzeugen



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



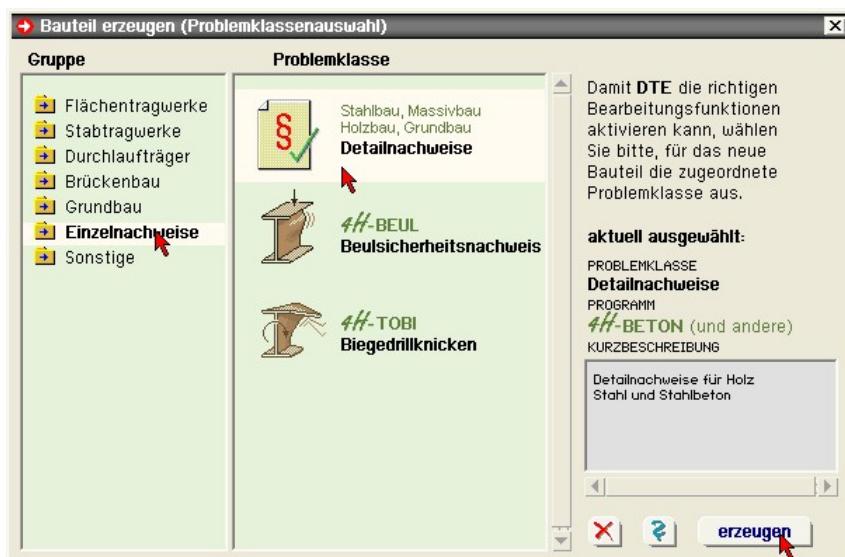
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



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



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



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



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

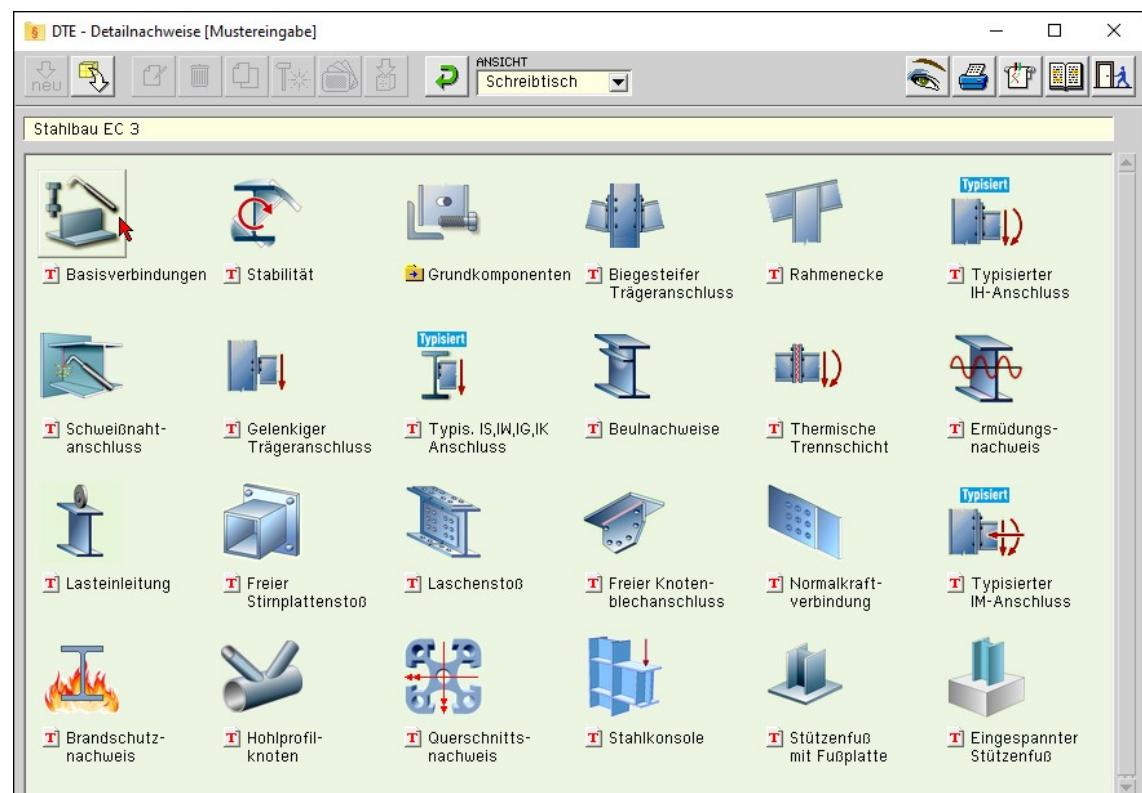


Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text.
Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklicken des neuen Symbols wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

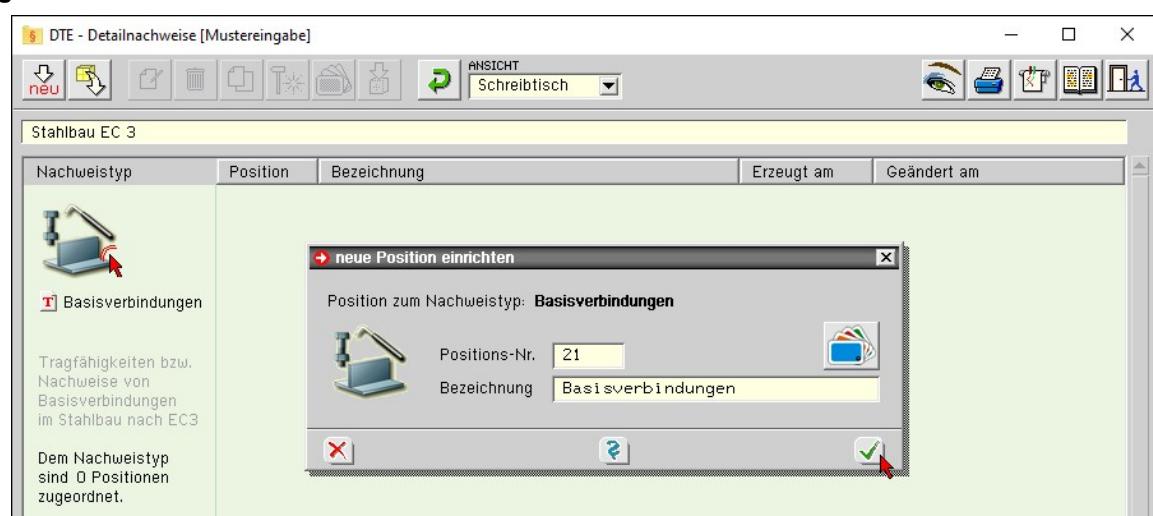
Übersicht Detailnachweise



Übersicht EC 3- Programme



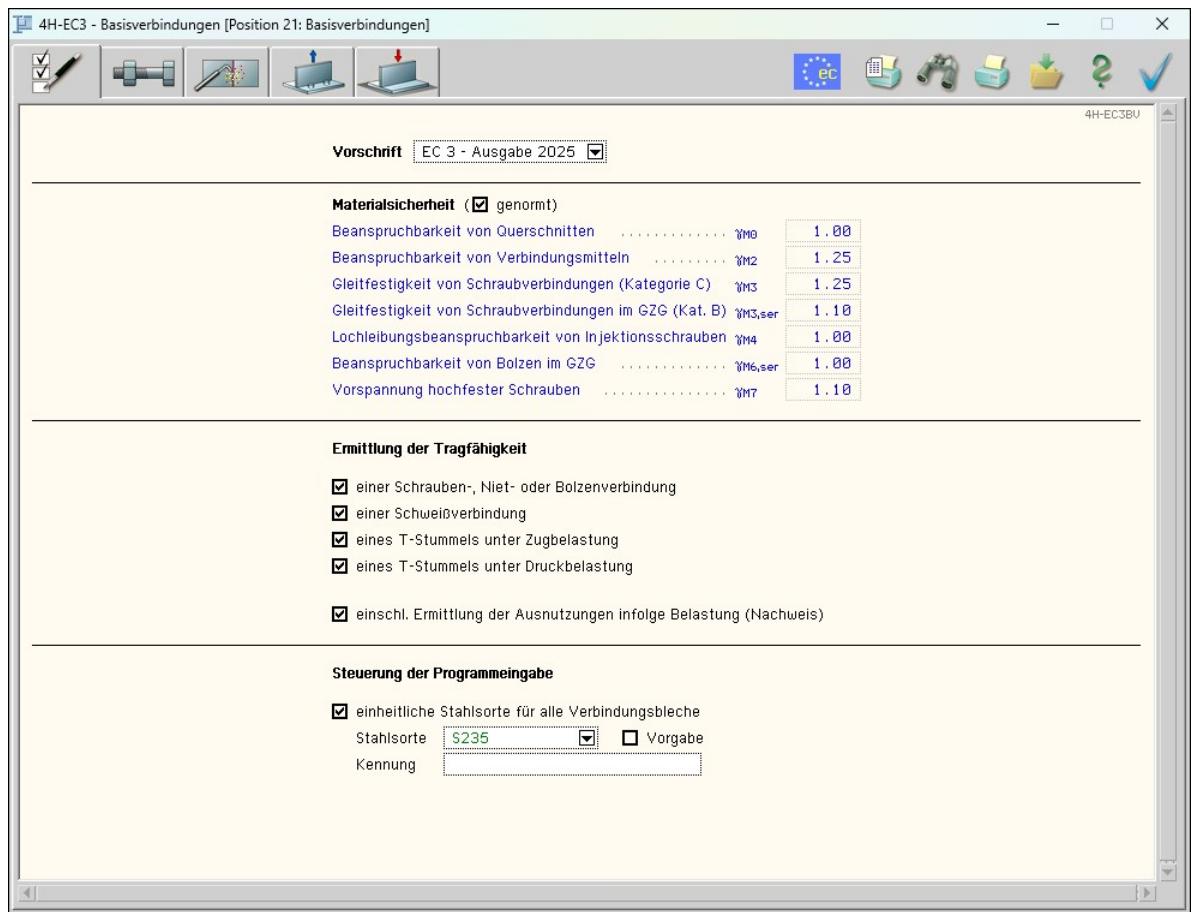
Basisverbindungen



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

Eingabeoberfläche

Nachfolgend ist das Hauptfenster von 4H-EC3BV dargestellt.



3.1 Allgemeines



Mit dem Programm 4H-EC3BV (Basisverbindungen) können die grundlegenden Verbindungsarten, die in EC3-1-8 geregelt sind, bemessen werden:

- Schraubenverbindungen, s. Abs. 3.2, S. 11
- Schweißverbindungen, s. Abs. 3.4, S. 23
- T-Stummelverbindungen mit Zugbelastung, s. Abs. 3.5, S. 28
- ... Druckbelastung, s. Abs. 3.7, S. 40

In diesem Programm werden folgende Vorschriften eingehalten (s. Literatur, Abs. 4, S. 46)

- EC 0
- EC 3-1-1
- EC 3-1-8
- EC 2-1-1 (nur T-Stummelverbindungen mit Druckbelastung)
- EC 2-4 (nur Schraubenverbindungen mit Ankerschrauben)

Es sind die Vorschriften des EC 3 der ersten Generation (Ausgabe 2010) sowie deren aktualisierte Fassungen (Ausgabe 2025) hinterlegt.

Vorschrift EC 3 - Ausgabe 2025

Die Normenbezüge dieses Dokuments sind auf die aktuellen Vorschriften aus dem Jahr 2025 bezogen. Unterschiede gegenüber den Vorgängerversionen sind gekennzeichnet.

Materialsicherheit (<input checked="" type="checkbox"/> genormt)	
Beanspruchbarkeit von Querschnitten	γM0 1.00
Beanspruchbarkeit von Verbindungsmitteln	γM2 1.25
Gleitfestigkeit von Schraubverbindungen (Kategorie C) γM3	1.25
Gleitfestigkeit von Schraubverbindungen im GZG (Kat. B) γM3,ser	1.10
Lochleibungsbeanspruchbarkeit von Injektionsschrauben γM4	1.00
Beanspruchbarkeit von Bolzen im GZG	γM6,ser 1.00
Vorspannung hochfester Schrauben	γM7 1.10

Die Verbindungsarten berufen sich hinsichtlich ihrer **Materialsicherheitsbeiwerte** entweder auf EC3-1-8, 4.3.2, Tab.4.1, oder auf die Grundnorm EC3-1-1, 8.1(1). Diese Werte werden über die Parameterliste eines nationalen Anwendungsdokuments (z.B. nationaler Anhang für Deutschland: EC3-1-8/NA-DE) gesteuert, können hingegen bei Bedarf direkt eingegeben werden.

Bei Abwahl des Buttons **genormt** werden die im Programm verwendeten Parameter freigegeben und können verändert werden. In der Ausgabeliste werden dann diejenigen Bemessungsparameter protokolliert, die für die gewählten Verbindungstypen maßgebend sind.

Ermittlung der Tragfähigkeit

- einer Schrauben-, Niet- oder Bolzenverbindung
- einer Schweißverbindung
- eines T-Stummels unter Zugbelastung
- eines T-Stummels unter Druckbelastung

- einschl. Ermittlung der Ausnutzungen infolge Belastung (Nachweis)

Bei Aktivierung eines Verbindungstyps werden die Parameter im zugehörigen Registerblatt dargestellt und können bearbeitet werden.

Es besteht die Möglichkeit, nur die Tragfähigkeiten zu berechnen oder eine Auswertung gegenüber vorgegebenen Lasten durchzuführen (Nachweis).

Bei Aktivierung des Buttons **einschl. Ermittlung der Ausnutzungen...** werden in den entsprechenden Registerblättern auch Felder zur Eingabe der Belastung freigegeben.

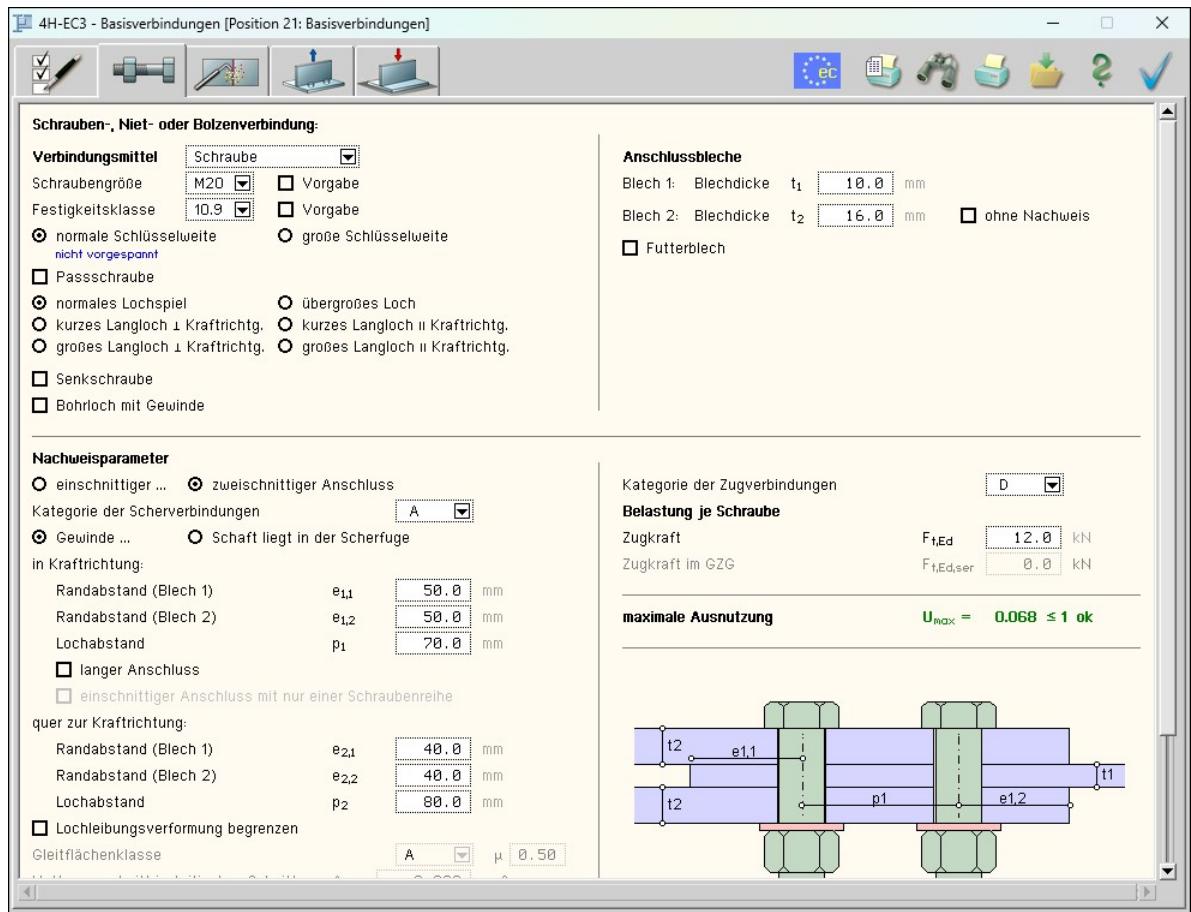
Steuerung der Programmeingabe

- einheitliche Stahlsorte für alle Verbindungsbleche
- | | | | |
|------------|-------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Stahlsorte | S 275 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Vorgabe |
|------------|-------|-------------------------------------|----------------------------------|

Eine weitere Möglichkeit der Eingabesteuerung besteht darin, die Stahlsorten aller zu verbindenden Bleche einheitlich zu wählen. Dazu wird im ersten Registerblatt zur Eingabe der allgemeinen Einstellungen der entsprechende Button aktiviert und die Stahlsorte (s. Abs. 3.8, S. 42) gewählt. In den nachfolgenden Registerblättern werden dann die **Stahlsorten** der Verbindungsbleche nicht mehr angeboten.

3.2

Schrauben, Niete, Bolzen



Für geschraubte Verbindungen werden folgende Verbindungsmittel angeboten



Ankerschrauben sind bei Wahl des EC 3-1-8:2010 nicht verfügbar.

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.

3.2.1

Schrauben, Injektionsschrauben

Die Rechenparameter für die gängigen Schraubengrößen M12, M16, M20, M22, M24, M27, M30, M36 und die nach EC 3-1-8, 5.1.1(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 Schraubengrößen und **Festigkeitsklassen** (s. NA-DE) sind gekennzeichnet. Bei Anwahl des deutschen Nationalen Anhangs können nicht zugelassene Festigkeitsklassen nicht verwendet werden.

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

Verbindungsmittel	Schraube	
Schraubengröße	M20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
<input type="radio"/> normale Schlüsselweite	<input checked="" type="radio"/> große Schlüsselweite	
<input type="checkbox"/> Passsschraube	FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube	
<input checked="" type="checkbox"/> gleitfeste Verbindung		
Vorspannkraft je Schraube	$F_{p,C}$ 0.0 KN = 0: volle Vorspannung	
<input type="radio"/> normales Lochspiel	<input checked="" type="radio"/> übergroßes Loch	
<input type="radio"/> kurzes Langloch \perp Kraftrichtg.	<input type="radio"/> kurzes Langloch \parallel Kraftrichtg.	
<input type="radio"/> großes Langloch \perp Kraftrichtg.	<input type="radio"/> großes Langloch \parallel Kraftrichtg.	
großes Lochspiel	$\Delta d_{groß}$ 4.0 mm	
<input checked="" type="checkbox"/> Senkschraube	$t_{k,s}$ 6.0 mm Senkung des Kopfes	
<input checked="" type="checkbox"/> Bohrloch mit Gewinde	Δe 10.0 mm Einschraubtiefe	

Bei den gängigen Schraubengrößen 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.

Eine **Passschraube** wird rechnerisch ohne Nennlochspiel verwendet.

Normale Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 mit großer Schlüsselweite und normalem Lochspiel werden programmintern als planmäßig vorgespannt, in einer gleitfesten Verbindung als kontrolliert voll vorgespannt angesehen (EC 3-1-8, 5.1.2).

Bei **gleitfester Verbindung** kann die Vorspannkraft bei Bedarf angegeben werden.

Wird die Schraube als **Senkschraube** verwendet, reduzieren sich der Lochleibungswiderstand und die Zugtragfähigkeit infolge der um die Versenkung des Kopfes $t_{k,s}$ verringerten Blechdicke.

Unter Voraussetzung eines einschnittigen Anschlusses kann die Verbindung als Sacklochverschraubung ausgeführt werden, d.h. die Schraube durchstößt nicht das zu verbindende Blech, sondern das Anschlussblech wird mit einem Gewinde versehen und die Schraube endet im Blech.

Die Einschraubtiefe in das Verbindungsblech (Gewindetiefe) ist anzugeben.

Schraubenverbindungen in einem Bohrloch mit Gewinde werden wie normale Schrauben nachgewiesen.

Das Nennlochspiel bestimmt die Lochleibungstragfähigkeit und den Gleitwiderstand.

Schraubengröße	M12	<input type="checkbox"/> Vorgabe	<input checked="" type="checkbox"/> Lochspiel 2 mm
Festigkeitsklasse	4.6	<input type="checkbox"/> Vorgabe	

Das Lochspiel der Schrauben M12 und M14 kann n. EC 3-1-8, 5.11(2) bei Abscher- und Lochleibungsbeanspruchung optional auf 2 mm anstelle von 1 mm gesetzt werden.

<input type="radio"/> normales Lochspiel	<input checked="" type="radio"/> übergroßes Loch
<input type="radio"/> kurzes Langloch \perp Kraftrichtg.	<input type="radio"/> kurzes Langloch \parallel Kraftrichtg.
<input type="radio"/> großes Langloch \perp Kraftrichtg.	<input type="radio"/> großes Langloch \parallel Kraftrichtg.
großes Lochspiel	$\Delta d_{groß}$ 4.0 mm

Im EC 3-1-8 werden die angegebenen Locharten unterschieden. Schrauben und Injektions schrauben können in übergroßen Löchern mit einem vergrößerten Lochspiel befestigt werden.

Des Weiteren können sich normale Schrauben in Langlöchern befinden.

Bei Langlöchern befindet sich das Langloch parallel oder senkrecht zur Kraftrichtung. Die Lochlänge ist programmintern festgelegt, die Lochbreite (in Querrichtung) entspricht dem normalen Lochdurchmesser.

Die im Programm hinterlegten Parameter der Schraubengröße sind

Schraubengröße	M20	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe
Schaftdurchmesser	d	20.0 mm
Nennlochspiel	Δd	2.0 mm
Bruttofläche (Schaft)	A	3.142 cm ²
Spannungsfläche	A_s	2.448 cm ²
Schraubenkopf-Schlüsselweite	d_s	32.00 mm
Schraubenkopf-Eckenmaß	d_e	35.03 mm
Schraubenkopfhöhe	t_k	12.5 mm
Höhe der Mutter	t_m	18.0 mm
Unterlegscheibe-Durchmesser	d_p	37.0 mm
Unterlegscheibe-Blechdicke	t_p	4.0 mm
Unterlegscheibe	<input type="radio"/> einseitig <input checked="" type="radio"/> beidseitig	

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

Verbindungsmittel	Injektionsschraube	<input checked="" type="checkbox"/>
Schraubengröße	M20	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeitsklasse	8.8	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Festigkeit des Injektionsharzes	$f_{b,resin}$	150.0 N/mm ²
<input type="checkbox"/> gleitfeste Verbindung		
<input checked="" type="radio"/> normales Lochspiel	<input type="radio"/> über großes Loch	

Injektionsschrauben sind stets den Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 mit großer Schlüsselweite zugeordnet und werden daher programmintern als planmäßig vorgespannt, in einer gleitfesten Verbindung als kontrolliert voll vorgespannt angesehen (EC 3-1-8, 5.1.2).

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.

3.2.2 Niete

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

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

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

Verbindungsmittel	Niet	<input checked="" type="checkbox"/>
Nietwerkstoff	USt 36	s. NA-DE
Nietlochdurchmesser	d_0	20.0 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Senkniet	$t_{k,s}$	6.0 mm
Senkung der Köpfe		

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

Zudem besteht die Möglichkeit, den Nietwerkstoff über eine Stahlsorte nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben, wobei bei Einsatz der Stahlsorte S235 nach EC 3-1-8, 5.2(2), die Zugfestigkeit mit $f_{ur} = 400 \text{ N/mm}^2$ angesetzt wird.

Wird der Niet als Senkniet verwendet, reduzieren sich der Lochleibungswiderstand und die Zugtragfähigkeit infolge der um die Versenkung der Köpfe $t_{k,s}$ verringerten Blechdicke.

3.2.3 Bolzen

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

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

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

Derzeit sind im EC 3-1-8 keine Bezugsnormen für den Bolzenwerkstoff angegeben, weshalb die deutschen Bolzenwerkstoffe **Festigkeitsklasse 4.8** und **S235J2 + C450** (s. NA-DE) angeboten werden. Zudem besteht die Möglichkeit, den Bolzenwerkstoff über eine **Stahlsorte** (s. Abs. 3.8, S. 42) nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben.

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

3.2.4 Ankerschrauben

Ankerschrauben werden zur Verankerung von Stahlblechen (Fußplatten) in Beton (Fundamente) verwendet.

Verbindungen mit Ankerschrauben sind für die Übertragung von Abscher-, Lochleibungs- und Zugkräften zu bemessen.

Verbindungsmittel	Ankerschraube
Verankerung mit	<input type="radio"/> Gewindestange/Rippenstahl <input checked="" type="radio"/> Ankerplatte/Kopfbolzen
Durchmesser d _h	100.0 mm
Dicke t _h	20.0 mm
Schraubengröße	M24 <input type="checkbox"/> Vorgabe
Ankerwerkstoff	B500A <input type="checkbox"/>
Einbindetiefe	Δe 200.0 mm

Ankerschrauben können als **Gewindestange** (Rippenstahl) oder mit einer **Ankerplatte** (Kopfbolzen) ausgeführt sein.

Die Schraubengröße entspricht derjenigen einer normalen Schraube.

Für die Ankerplatte bzw. den Kopfbolzen sind die Querschnittsparameter Durchmesser und Dicke anzugeben.

Der Ankerwerkstoff kann den Bewehrungsstahlgüten B500A und B500B entsprechen. Zudem besteht die Möglichkeit, dafür eine **Stahlsorte** (s. Abs. 3.8, S. 42) nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben. Alternativ kann natürlich eine Schraubengüte vorgeben werden.

In allen Fällen gilt, dass bei Abscherbeanspruchung die Streckgrenze den Wert 640 N/mm² und bei Zugbeanspruchung den Wert 900 N/mm² nicht überschreiten darf (EC 3-1-8, 5.3(1)).

Die **Einbindetiefe** in den Beton ist anzugeben. Sie darf n. EC 2-4, 1.3(2) bei Schraubengröße M5 den Wert 30 mm, ansonsten 40 mm nicht unterschreiten.

3.3

Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen

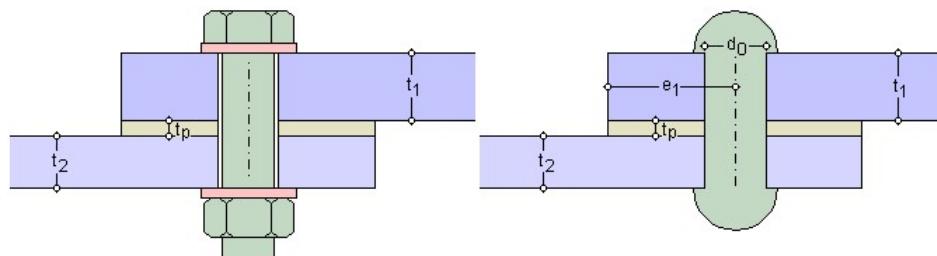


Schrauben (einschl. Injektionsschrauben) und Niete können auf Abscheren (EC 3-1-8, 3.6+3.7+3.9) und Zug (EC 3-1-8, 3.6) beansprucht werden, wohingegen Bolzenverbindungen auf Abscheren und Biegung (EC 3-1-8, 3.13.2) bemessen werden.

Die Anschlussbleche (s. Abs. 3.9, S. 43) werden hier nicht bemessen.

3.3.1

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).

Injektionsschrauben werden nur mit hochfesten Schrauben ausgeführt.

Niete befinden sich stets in Kategorie A und/oder D (keine gleitfeste Verbindung).

Scherbeanspruchung

- Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
 - Bemessungswert der Abschertragfähigkeit
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit
 - Injektionsschrauben: Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes
- Kategorie B: Gleitfeste Verbindung (GZG) für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZG
 - Bemessungswert der Abschertragfähigkeit (s. Kat. A)
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit (s. Kat. A)
 - Injektionsschrauben: Summe aus den Bemessungswerten des Gleitwiderstands im GZG und der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes
- Kategorie C: Gleitfeste Verbindung (GZT) für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert des Gleitwiderstands im GZT
 - Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit (s. Kat. A, nur EC 3-1-8:2010)
 - Injektionsschrauben: Bemessungswert der Abschertragfähigkeit (s. Kat. A, nicht EC 3-1-8:2010)
 - Injektionsschrauben: Summe aus den Bemessungswerten des Gleitwiderstands im GZT und der Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes

Zugbeanspruchung

- Kategorie D: Zugbeanspruchung für Schrauben aller Festigkeitsklassen ohne Vorspannung
 - Bemessungswert der Zugtragfähigkeit
 - nicht Niete ohne Senkung: Bemessungswert der Durchstanztragfähigkeit
- Kategorie E: Zugbeanspruchung für hochfeste vorgespannte Schrauben
 - Bemessungswert der Zugtragfähigkeit (s. Kat. D)
 - Bemessungswert der Durchstanztragfähigkeit (s. Kat. D)

Bei Zugverbindungen: Bemessungswert des plastischen Widerstands des Nettoquerschnitts im kritischen Schnitt durch die Schraubenlöcher (Kat. A,B: nicht EC 3-1-8:2010)

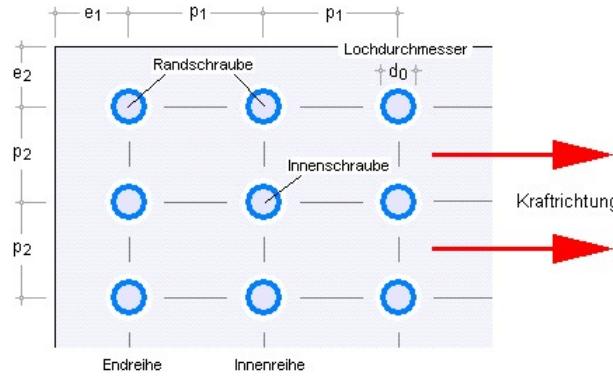
3.3.2

Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete

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

Nachweisparameter		
<input checked="" type="radio"/> einschnittiger ...	<input type="radio"/> zweischnittiger Anschluss	
Kategorie der Scherverbindungen		C
<input type="radio"/> Gewinde ...	<input checked="" type="radio"/> Schaft liegt in der Scherfuge	
in Kraftrichtung:		
Randabstand (Blech 1)	e _{1,1}	50.0 mm
Randabstand (Blech 2)	e _{1,2}	40.0 mm
Lochabstand	p ₁	70.0 mm
<input type="checkbox"/> langer Anschluss		
<input type="checkbox"/> einschnittiger Anschluss mit nur einer Schraubenreihe		
quer zur Kraftrichtung:		
Randabstand (Blech 1)	e _{2,1}	30.0 mm
Randabstand (Blech 2)	e _{2,2}	30.0 mm
Lochabstand	p ₂	55.0 mm
<input type="checkbox"/> Lochleibungsverformung begrenzen		
Gleitflächenklasse	A	μ 0.50
Nettoquerschnitt im kritischen Schnitt	A _{net}	11.250 cm ²
<input type="checkbox"/> Loch-/Randabstände nicht überprüfen		
Kategorie der Zugverbindungen		
		E

Die Abstände sind folgendermaßen definiert, wobei sich die Randabstände je Blech unterscheiden können.



Rand- und Lochabstände werden nach EC 3-1-8, Tab. 5.8, überprüft.

Ist der Lochabstand $p_1 = 0$, besteht der Anschluss nur aus einer Schraubenreihe. Bei einschnittigen Anschlägen mit nur einer Schraubenreihe ist EC 3-1-8, 5.9.1(4)+(5), zu beachten. Ist auch $p_2 = 0$, besteht die Verbindung nur aus einer Schraube / einem Niet.



Verbindungen mit nur einem Niet sollten bei einschnittigen Anschlägen nicht verwendet werden (s. EC 3-1-8, 5.2(3))!

Abscheren je Scherfuge

Schraube

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

Niet

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ur} \cdot A_0}{\gamma_{M2}}, \quad \alpha_v = 0.6, \quad A_0 \text{ Lochdurchmesser}$$

Die Abschertragfähigkeit wird nur angesetzt, wenn die Schraubenlöcher in Kraftrichtung ein normales Lochspiel haben (EC 3-1-8, 5.9.1(1)).

Übertragen Schrauben oder Niete Scherkräfte über Futterbleche, ist die Schertragfähigkeit abzumindern mit (EC 3-1-8, 5.9.1(6))

$$\beta_p = \frac{9 \cdot d}{8 \cdot d + 3 \cdot t_p} \leq 1.0$$

Lochleibung

n. EC 3-1-8:2010

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

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 $k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 17, 14 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 17, 2.5 \right)$
- 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)).

n. EC 3-1-8:2025

$$F_{b,Rd} = \frac{k_m \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit } \alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{d_0}, \frac{3 \cdot f_{ub}}{f_u}, 3.0 \right) \quad \text{für Randverbindungsmittel}$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{p_1}{d_0} - \frac{1}{2}, \frac{3 \cdot f_{ub}}{f_u}, 3.0 \right) \quad \text{für innere Verbindungsmittel}$$

Wenn Lochleibungsverformungen begrenzt werden müssen, gilt

$$F_{b,Rd,red} = \frac{k_m \cdot \alpha_{b,red} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad \text{mit } \alpha_{b,red} = \min \left(\alpha_b, 2.0 \right) \quad \text{für } \geq S460$$

$$\alpha_{b,red} = \min \left(0.8 \cdot \alpha_b, 2.0 \right) \quad \text{für } < S460$$

Bei Schraubenverbindungen mit Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung verläuft wird die Lochleibungstragfähigkeit mit dem Beiwert k_b multipliziert (EC 3-1-8, 5.9.1(9))

$$k_b = 0.9 \quad \text{für kurze Langlöcher}$$

$$k_b = 0.375 \cdot \alpha_b + 0.15, \text{ aber } k_b \leq 0.9 \quad \text{für lange Langlöcher}$$

Bei Randschrauben quer zur Kraftrichtung ist die Lochleibungstragfähigkeit zu begrenzen mit (EC 3-1-8, Tab. 5.9 d), nicht EC 3-1-8:2010)

$$N_{u,Rd} = 2.0 \cdot (e_2 - 0.5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

n. EC 3-1-8:2010 und EC 3-1-8:2025

Bei Senkschrauben wird bei der Berechnung der Lochleibungstragfähigkeit die Blechdicke t abzüglich der Hälfte der Senkung angesetzt (EC 3-1-8, Tab.5.9 b).

In einschnittigen Anschlüssen mit nur einer Schraubenreihe ($p_1 = 0$ bzw. $n = 1$) ist die Lochleibungstragfähigkeit zu begrenzen (s. EC 3-1-8, 5.9.1(4)) $\Rightarrow k_m \cdot \alpha_b \leq 1.5$

Bei Injektionsschrauben ist die Lochleibungstragfähigkeit des Injektionsharzes zu berücksichtigen (EC 3-1-8, 5.9.4)

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

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

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

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

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

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

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

Bei langen Injektionsschrauben mit einer Klemmlänge größer als $3d$ sollte die effektive Lochleibungsdicke begrenzt werden auf (EC 3-1-8, 5.9.4(2))

$$L_b > 3 \cdot d \Rightarrow t_{b,resin} \leq 3 \cdot d$$

Zug

Schraube

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Niet

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

Bei Senknielen wird die Tragfähigkeit mit 0.7 multipliziert.

Durchstanzen

Schraube (bei Niet nicht erforderlich)

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

Senkschraube und Senkriet (nicht EC 3-1-8:2010)

$$B_{p,Rd} = 0.3 \cdot \pi \cdot (d_0 + t_p) \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug

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

Gleiten

im GZT

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

im GZG

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

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

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

$k_s = 0.85$ übergroßen Löchern

$k_s = 0.85$ kurzen Langlöchern \perp Kraftrichtung

$k_s = 0.7$ großen Langlöchern \perp Kraftrichtung

$k_s = 0.76$ kurzen Langlöchern \parallel Kraftrichtung

$k_s = 0.63$ großen Langlöchern \parallel Kraftrichtung

n Anzahl Reiboberflächen (=1 bei einschlägigen Verbindungen)

μ Reibungszahl für vorgespannte Schrauben nach Gleitflächenklassen
(s. EC 3-1-8, 5.10.1 Tab.5.13)

Bei kombinierter Abscher- und Zugbeanspruchung ist der Gleitwiderstand je Schraube wie folgt anzunehmen (EC 3-1-8, 5.10.2)

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, 8.2.3(5))

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

Mindesteinschraubtiefe bei Sacklochverbindungen von Schrauben

n. EC 3-1-8:2010

Auf der sicheren Seite liegend wird die Mindesteinschraubtiefe n. EC 3-1-8/NA, NCI zu 3.5, berechnet mit

$$\xi = 600 / f_u \cdot (0.3 + 0.4 \cdot f_{ub} / 500) \dots \text{und} \dots f_u \leq f_{ub}$$

n. EC 3-1-8:2025

Die Mindesteinschraubtiefe ergibt sich zu

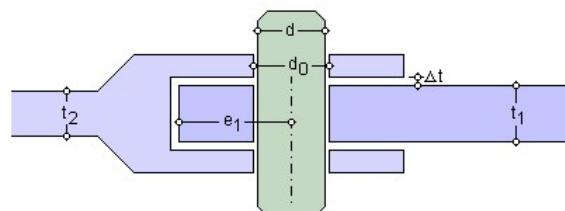
$$\Delta e = L_t / d \cdot d \dots \text{mit} \dots L_t / d \text{ lt. Tabelle}$$

Schraubengrößen < M12 und > M36 sind nicht zugelassen.

Festigkeitsklasse der Schraube und Stahlsorte	L_t/d für Stahlsorte			
	S235	S275	S355	≥ S460
4.6	1.00	1.00	1.00	1.00
5.6	1.02	1.00	1.00	1.00
8.8	1.34	1.23	1.11	1.06
10.9	1.58	1.43	1.26	1.19

Ebenso sind nur die in der Tabelle aufgeführten Schraubenfestigkeiten zugelassen.

3.3.3 Bolzen



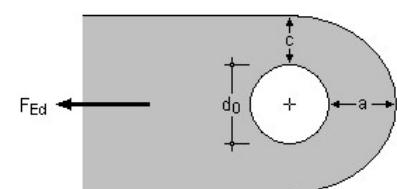
Die als Augenstäbe ausgeführten **Anschlussbleche** müssen zur sinnvollen Kraftübertragung geometrischen Anforderungen genügen, die bei Bedarf überprüft werden.

Möglichkeit A

Die Blechdicke t des Augenstabs und der Bolzenlochdurchmesser d_0 sind vorgegeben.

Die geometrischen Parameter a und c müssen dann folgenden Bedingungen genügen

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

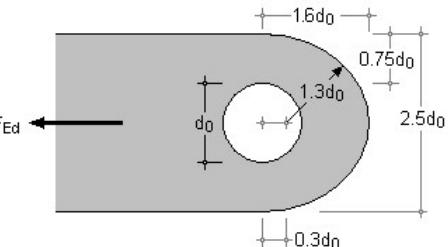


Möglichkeit B

Die Geometrie des Augenstabs in Abhängigkeit vom Bolzenlochdurchmesser ist vorgegeben.

Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 müssen dann den folgenden Bedingungen genügen

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



Berechnung der Tragfähigkeiten massiver Rundbolzen

Die Bolzenverbindung ist gegen Abscheren des Bolzens und Lochleibung von Augenblech und Bolzen nachzuweisen. Außerdem wird der Bolzen durch Biegung beansprucht.

Es wird davon ausgegangen, dass die Augenstableche gelenkige Auflager bilden, so dass sich n. EC 3-1-8:2025, 5.7.3(2) a), bei einer Bolzenanordnung mit drei Blechen vier Szenarien ergeben.

- symmetrische Anordnung für ein maximales Biegemoment

$$M_{Ed,1} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (2 \cdot t_1 + t_2 + 4 \cdot g) \quad \dots \text{und} \dots F_{v,Ed,1} = 0$$

- symmetrische Anordnung für eine maximale Querkraft und ein entspr. Biegemoment

$$M_{Ed,2} = \frac{F_{Ed}}{4} \cdot (t_1 + 2 \cdot g) \quad \dots \text{und} \dots F_{v,Ed,2} = F_{Ed}/2$$

- asymmetrische Anordnung für eine weitere maximale Querkraft und ein entsprechendes Biegemoment

$$M_{Ed,3} = \alpha \cdot F_{Ed} / 2 \cdot t_1 \quad \dots \text{und} \dots F_{v,Ed,3} = \alpha \cdot F_{Ed}$$

- asymmetrische Anordnung für eine hohe Querkraft und ein hohes Biegemoment

$$M_{Ed,4} = (1 - \alpha) \cdot F_{Ed} / 2 \cdot (t_1 + 4 \cdot g) \quad \dots \text{und} \dots F_{v,Ed,4} = (1 - \alpha) \cdot F_{Ed}$$

$$\dots \text{mit} \dots \alpha = \frac{t_1 + t_2 + 4 \cdot g}{2 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 4 \cdot g}$$

Im EC 3-1-8:2010 wird nur das erste Szenario *symmetrische Anordnung für ein maximales Biegemoment* betrachtet.

Der Bolzen kann austauschbar sein, dazu sind zusätzliche Nachweise zu erbringen.

Abscheren

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{up} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

Lochleibung von Augenblech und Bolzen

$$F_{b,Rd} = \frac{1.5 \cdot t \cdot d \cdot \bar{f}_y}{\gamma_{M0}}$$

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

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

Ist der Bolzen austauschbar, muss außerdem gelten (Hertz'sche Pressung)

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

Biegung des Bolzens

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

bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

$$M_{Rd,ser} = \frac{0.8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M6,ser}} \quad \dots \text{mit} \dots W_{el} = \pi \cdot d^3 / 32$$

Kombination von Abscheren und Biegung des Bolzens

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

3.3.4 Ankerschrauben

Ankerschrauben verbinden eine Stahlplatte (z.B. Fußplatte, Dicke t_p) mit einem Betonquerschnitt (z.B. Fundament, Dicke t_f). Zusätzlich kann eine Mörtelschicht (Dicke t_{grout}) vorhanden sein.

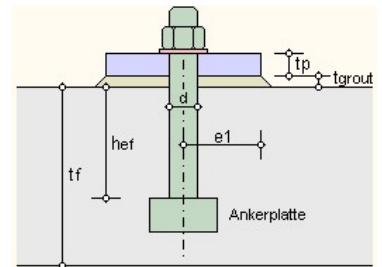
Daher sind neben den Stahlnachweisen für Abscheren/Zug der Ankerschraube und Lochleibung mit der Stahlplatte auch Nachweise für den Betonausbruch zu führen.

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Ankerschraube weit innerhalb der Betonfläche befindet, so dass kein Einfluss der Betonränder vorliegt (Abstand der Ankerschraube vom Betonrand $> 3 \cdot h_{ef}$).

Für die Betonnachweise wird gerissener Beton vorausgesetzt (s. Kegelförmiger Betonausbruch). Die Verbundbedingungen (s. Verbundnachweis bei Gewindestangen) sind mäßig.

Es wird angenommen, dass Gewindestangen nachträglich montiert und Kopfbolzen einbetoniert werden.

Wird die Ankerschraube als Gewindestange / Rippenstahl ausgeführt, werden die Regeln des EC 3-1-8, A.18, für Zug und A.20 für Abscheren befolgt. Andernfalls erfolgen die Nachweise nach EC 3-1-8, A.19, für Zug und A.21 für Abscheren.



Die Bewehrung des Betonquerschnitts (Zusatzbewehrung) wird nicht berücksichtigt!

Abscheren (EC 3-1-8, A.20)

$$V_{vb,Rd} = \alpha_{bc} \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} \quad \text{mit } \alpha_{bc} = 0.44 - 0.0003 \cdot f_{yb} \\ f_{yb} \quad \text{Streckgrenze der Ankerschraube, wobei gilt } 235 \text{ N/mm}^2 < f_{yb} \leq 640 \text{ mm}^2$$

Stahlbruch (EC 3-1-8, A.21 - EC 2-4, 7.2.2.3)

$$V_{Rd,s} = V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

Querlast ohne Hebelarm ($t_{grout} \leq 0.5 \cdot d$)

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{mit } k_7 = 1 \quad \text{für ein einziges Befestigungselement ... und ...}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot f_{uk} \cdot A_s \quad \text{mit } k_6 = 0.6 \quad \text{für } f_{uk} \leq 500 \text{ N/mm}^2 \\ = 0.5 \quad \text{für } 500 \text{ N/mm}^2 < f_{uk} \leq 1000 \text{ mm}^2$$

wenn gilt $h_{ef}/d < 5$ und Betondruckfestigkeitsklasse < C20/25 $V_{Rk,s}^0 \cdot 0.8$

Querlast mit Hebelarm ($t_{grout} > 0.5 \cdot d$)

$$V_{Rk,s} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / l_a \quad \text{mit } l_a = a_3 + e_1 \quad \text{und } a_3 = 0.5 \cdot d \\ \quad \text{... und ... } e_1 = t_p / 2 + t_{grout}$$

$\alpha_M = 1.0$ Annahme: keine Einspannung

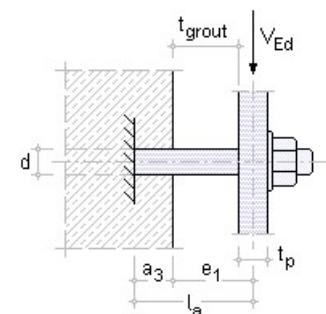
$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot (1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}) \quad \text{mit } N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \\ \quad \text{... und ... } N_{Ed} > 0 \quad \text{nur Zugkräfte}$$

$$M_{Rk,s}^0 = 0.9 \cdot W_{pl} \cdot f_{yk}$$

$$N_{Rk,s} = 0.9 \cdot f_{uk} \cdot A_s$$

$$\gamma_{Ms} = 1.0 \cdot f_{uk} / f_{yk} \geq 1.25 \quad \text{wenn } f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2 \quad \text{und } f_{yk} / f_{uk} \leq 0.8$$

$$\gamma_{Ms} = 1.5 \quad \text{sonst}$$



Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (EC 3-1-8, A.20+A.21 - EC 2-4, 7.2.2.4)

$$\vee_{Rd,sp} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad \text{mit } \gamma_{Mc} = \gamma_c \quad \text{und } N_{Rk,c} \text{ s. kegelförmiger Betonausbruch}$$

Lochleibung (EC 3-1-8, 5.9.1)

s. Schrauben

Zug (EC 3-1-8, A.18 - EC 3-1-8, 5.9.1)

s. Schrauben

Verbund (EC 3-1-8, A.18 - EC 2-1-1, 8.4.2)

$$F_{bd} = h_{ef} \cdot A_s \cdot f_{bd} / d \quad \text{mit } f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ Bemessungswert der Betonzugfestigkeit

$\eta_1 = 0.7$ Beiwert der Verbundbedingungen, hier: mäßig

η_2 Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers

$\eta_2 = 1.0 \quad \text{für } \phi \leq 32 \text{ mm}$

$\eta_2 = (132 - \phi) / 100 \quad \text{für } \phi > 32 \text{ mm}$

Stahlbruch des Befestigungselementes (EC 3-1-8, A.19 - EC 2-4, 7.2.1.3)

$$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{uk} \cdot A_s / \gamma_{Ms} \quad \text{mit } \gamma_{Ms} = 1.2 \cdot f_{uk} / f_{yk} \geq 1.4$$

Kegelförmiger Betonausbruch (EC 3-1-8, A.18/A.19 - EC 2-4, 7.2.1.4)

$$N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad \text{mit } N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot A_{c,N} / A_{c,N}^0 \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_{cr,N} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5}$$

$k_{cr,N} = 7.7$ für nachträglich montierte Befestigungselemente

$k_{cr,N} = 8.9$ für einbetonierte Kopfbolzen

$A_{c,N} / A_{c,N}^0 = 1.0$ kein Einfluss des Betonrands

$\Psi_{s,N} = 1$ kein Einfluss des Betonrands

$\Psi_{re,N} = 1$... der Bewehrung

$\Psi_{ec,N} = 1$ kein Gruppeneffekt

$\Psi_{M,N} = 1$ keine Biegemomente

Herausziehen des Befestigungselementes (EC 3-1-8, A.19 - EC 2-4, 7.2.1.5)

$$N_{Rd,p} = N_{Rk,p} / \gamma_{Mp} \quad \text{und } \gamma_{Mp} = \gamma_{Mc} \quad \text{mit } \dots$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} \quad \text{und } \dots$$

$A_h = \pi / 4 \cdot (d_h^2 - d_a^2)$ lastabtragende Fläche des Kopfes des Befestigungselementes

$$d_h \leq 6 \cdot t_h + d$$

$k_2 = 7.5$ bei Befestigungselementen in gerissenem Beton

Komb. Versagen durch Herausziehen und Betonbruch (EC 3-1-8, A.19 - EC 2-4, 7.2.1.6)

Bei Kopfbolzen und nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen nicht erforderlich.

Betonpalten (EC 3-1-8, A.19 - EC 2-4, 7.2.1.7)

Nachweis nicht erforderlich, da die charakteristischen Widerstände bei Betonausbruch und Versagen durch Herausziehen für gerissenen Beton berechnet werden.

Kombination von Querlast mit Zug (EC 3-1-8, A.18+A.20 bzw. A.19+A.21 - EC 2-4, 7.2.3)

Stahlbruch

$$(N_{Ed} / N_{Rd,s})^2 + (\vee_{Ed} / \vee_{Rd,s})^2 \leq 1 \quad \text{bei Querlast mit Hebelarm nicht erforderlich}$$

Betonbruch

$$(N_{Ed} / N_{Rd,i})^{1.5} + (\vee_{Ed} / \vee_{Rd,i})^{1.5} \leq 1 \quad \text{oder } (N_{Ed} / N_{Rd,i}) + (\vee_{Ed} / \vee_{Rd,i}) \leq 1.2$$

... mit $N_{Ed} / N_{Rd,i} \leq 1$ und $\vee_{Ed} / \vee_{Rd,i} \leq 1$

3.4

Tragfähigkeit von Schweißverbindungen

Nachweis einer Schweißverbindung:

- Kehlnaht
- Stumpfnaht
- Schlitznaht
- Lochschweißung

Schweißnahtlänge l_w mm
 Schweißnaht voll ausgeführt ($l_{eff} = l_w$)
 wirksame Nahtdicke a mm
 Einbrandtiefe e mm $\leq e_{max}$
 Öffnungswinkel φ °
 Schweißzusatzwerkstoff bei hochfesten Blechen
 einseitige Schweißnaht links ... rechts
 beidseitige Schweißnaht

Anschlussbleche

Blech 1: Blechdicke t_1 mm
 Blech 2: Blechdicke t_2 mm
 Futterblech

Nachweisparameter

- Richtungsbezogenes Verfahren
- Vereinfachtes Verfahren

Bemessungsschnittgrößen im Anschlussblech 2

Normalkraft	N_{Ed}	0.00 kN
Biegemoment senkrecht zur Nahtachse	$M_{I,Ed}$	0.00 kNm
Querkraft parallel zur Nahtachse	$V_{II,Ed}$	0.00 kN
Biegemoment parallel zur Nahtachse	$M_{II,Ed}$	0.00 kNm
Querkraft senkrecht zur Nahtachse	$V_{I,Ed}$	0.00 kN

- Bemessungskräfte in der Nahtwurzel (je Naht)
- Bemessungsspannungen in der Nahtebene

maximale Ausnutzung $U_{max} = \text{XXXXXX}$



Schweißverbindungen können nach EC 3-1-8, 6, bemessen werden, wenn die zu verschweißenden Blechdicken 3 mm (4 mm in EC 3-1-8:2010) bzw. bei Hohlprofilen 2.5 mm (1.5 mm in EC 3-1-8:2010) oder mehr aufweisen.

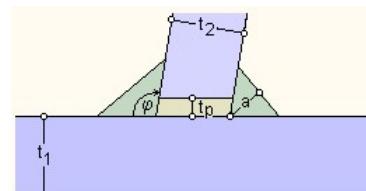
EC 3-1-8 behandelt Kehlnähte, Schlitznähte, Stumpfnähte und Lochschweißungen.

3.4.1

Kehlnähte

Kehlnaht

Schweißnahtlänge l_w mm
 Schweißnaht voll ausgeführt ($l_{eff} = l_w$)
 wirksame Nahtdicke a mm
 Einbrandtiefe e mm $\leq e_{max}$
 Öffnungswinkel φ °
 Schweißzusatzwerkstoff bei hochfesten Blechen
 Vorgabe



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, 6.5.1(2)).

Die wirksame Nahtdicke einer Kehlnaht sollte bei Blechdicken ≥ 3 mm mind. 3 mm betragen (EC 3-1-8, 6.5.2(2)).

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

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

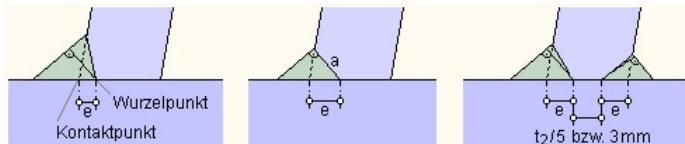
vorgeschrieben.

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, 6.7.3)



Der Öffnungswinkel bezeichnet den Winkel zwischen den zu verschweißenden Anschlussblechen und sollte bei Kehlnähten zwischen 60° und 120° liegen (EC 3-1-8, 6.3.2.1(1)). Kleinere Winkel sind zugelassen, werden aber wie nicht durchgeschweißte Stumpfnähte behandelt.

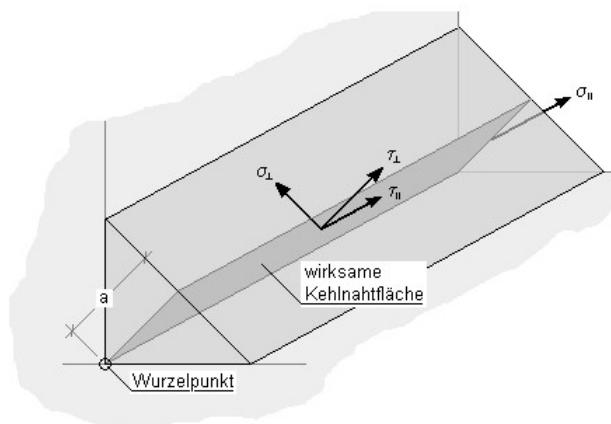
Bei Stahlsorten kleiner als S460 (nicht hochfester Stahl) sollte die Festigkeit des Schweißzusatzwerkstoffes der Festigkeit des schwächeren der zu verschweißenden Bleche entsprechen (EC 3-1-8, 6.2).

Bei hochfesten Stahlsorten darf der **Schweißzusatzwerkstoff** eine geringere Festigkeit als der Grundwerkstoff aufweisen. Es werden die Werkstoffe G42, G46, G69 und G89 vorgehalten, alternativ können die Parameter manuell vorgegeben werden.

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

Richtungsbezogenes Verfahren (EC 3-1-8, 6.5.3.2)

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

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

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{0.25 \cdot f_u + 0.75 \cdot f_{u,FM}}{\beta_{w,mod} \cdot \gamma_{M2}} \quad \dots \text{und} \dots \quad \sigma_1 \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad \dots \text{mit} \dots$$

$f_{u,FM}$ Festigkeit des Schweißzusatzwerkstoffes
 $\beta_{w,mod}$ modifizierter Korrelationsbeiwert

Vereinfachtes Verfahren (EC 3-1-8, 6.5.3.3)

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

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

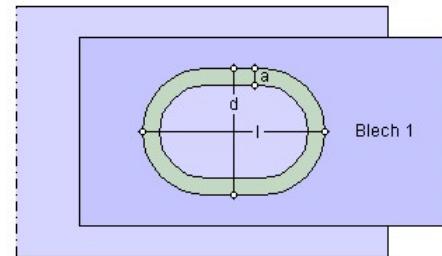
$$F_{w,Ed} = \sqrt{F_{Ed}^2(\sigma_1) + F_{Ed}^2(\tau_1) + F_{Ed}^2(\tau_{\parallel})}$$

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{0.25 \cdot f_u + 0.75 \cdot f_{u,FM}}{\sqrt{3} \cdot \beta_{w,mod} \cdot \gamma_{M2}} \quad \dots \text{mit} \dots \quad f_{u,FM} \text{ und } \beta_{w,mod} \text{ s.o.}$$

3.4.2 Schlitznähte

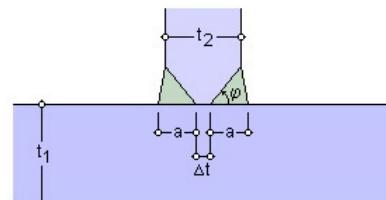
<input checked="" type="radio"/> Schlitznaht	
Lochdurchmesser	d <input type="text" value="48.0"/> mm
Lochlänge	l <input type="text" value="70.0"/> mm
wirksame Nahtdicke	a <input type="text" value="6.0"/> mm



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.).

3.4.3 Stumpfnähte

<input checked="" type="radio"/> Stumpfnaht	<input checked="" type="radio"/> durchgeschweißt
	<input type="radio"/> nicht durchgeschweißt
<input type="radio"/> Schlitznaht	
<input type="radio"/> Lochschweißung	
Schweißnahtlänge	l_w <input type="text" value="400.0"/> mm
wirksame Nahtdicke	a = t_2
Öffnungswinkel	φ <input type="text" value="100"/> ° $\varphi = 0^\circ$: geschweißter Stoß
<input checked="" type="checkbox"/> Schweißzusatzwerkstoff bei hochfesten Blechen	
<input type="checkbox"/> G89	<input type="checkbox"/> Vorgabe



Stumpfnähte können **durchgeschweißt** oder **nicht durchgeschweißt** ausgeführt werden.

Eine durchgeschweißte Stumpfnaht ist eine Schweißnaht mit vollständigem Einbrand und vollständiger Verschmelzung des Schweißwerkstoffes mit dem Grundmaterial über die gesamte Dicke der Verbindung EC 3-1-8, 6.3.4(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, 6.3.4(2)).

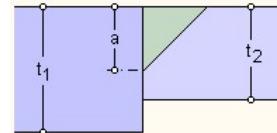
Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist bei nicht hochfesten Blechen mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen, während die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten wie für Kehlnähte zu ermitteln ist (EC 3-1-8, 6.7.1).

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

$$\sigma_{v,Rd} = (0.85 \cdot (0.9 \cdot f_u) + 0.15 \cdot f_{u,FM}) / \gamma_{M2} \quad \dots \text{mit} \dots \quad f_{u,FM} \quad \text{Festigkeit des Schweißzusatzwerkstoffes}$$

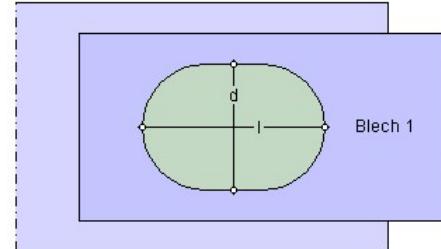
Bei einem Öffnungswinkel von 0° wird ein Stoß verschweißt.

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



3.4.4 Lochschweißung

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



Lochschweißungen können Schub übertragen; sie sollten jedoch nicht in zugbeanspruchten Verbindungen verwendet werden (EC 3-1-8, 6.3.5(1)).

Der Durchmesser des Loches muss für eine Lochschweißung mindestens 8 mm größer sein als die Blechdicke (EC 3-1-8, 6.3.5(2)).

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

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

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

Die Tragfähigkeit einer Lochschweißung ergibt sich zu

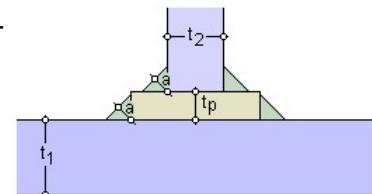
$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot A_w \quad \text{mit } A_w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + (l - d) \cdot d \quad (\text{Scherfestigkeit } f_{vw,d} \text{ s. Kehlnaht})$$

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

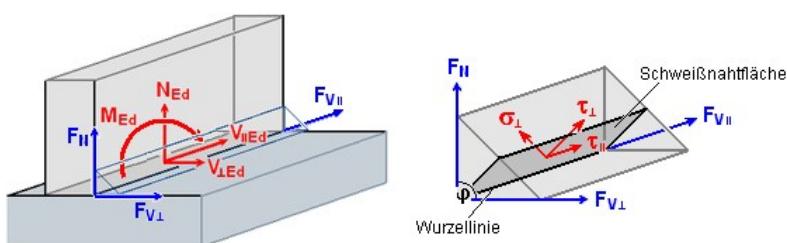
Das Futterblech sollte bündig zum Rand des zu verschweißen-den Bauteils angepasst sein (EC 3-1-8, 6.4(1)). Es gilt

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

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



3.4.6 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 wird das sich aus der Exzentrizität ergebende Zusatzmoment berücksichtigt, sofern es Zug in der Schweißnahtwurzel erzeugt (EC 3-1-8, 6.12).

Es gelten folgende Beziehungen

Bemessungswerte der im Wurzelpunkt wirkenden Kräfte

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

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

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

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

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

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

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

aus exzentrischer Belastung bei einseitiger Schweißnaht

$$\text{Zusatzmoment senkrecht zur Naht} \quad \Delta M_I = N_{Ed} \cdot e_I \quad \dots \dots \text{mit} \dots \quad e_I = t_2/2 - e + a/2 \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Zusatzspannung} \quad \Delta \sigma_I = \Delta M_I / W_{w,I} \quad \dots \dots \text{mit} \dots \quad W_{w,I} = l_{eff} \cdot a^2 / 6$$

Bemessungswert der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden resultierenden Kraft

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

Bemessungswerte der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden Spannungen

$$\sigma_I = F_{Ed}(\sigma_I) / a \quad \dots \dots \tau_I = F_{Ed}(\tau_I) / a \quad \dots \dots \tau_{II} = F_{Ed}(\tau_{II}) / a$$

Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung

4H-EC3 - Basisverbindungen [Position 21: Basisverbindungen]

Nachweis eines T-Stummels unter Zugbeanspruchung:

- Schraubengröße: M20
- Festigkeitsklasse: 10.9
- normale Schlüsselweite (FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube planmäßig vorgespannt)
- Vorgabe
- Blechdicke: $t_f = 20.0$ mm
- Verstärkung

Nachweisparameter

- Vorgabe der wirksamen Längen
- Tragfähigkeit des Stützenflanschs
 - Schraubenreihe neben einer Steife
- Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
- Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil

Anzahl der Schraubenreihen: $n_b = 1$ = 1: Schraubenreihe einzeln
2 Schrauben je Reihe

- innere Schraubenreihe
- äußere Schraubenreihe

Schraubenabstand zum Flanschrand der Stütze: $e = 50.0$ mm

Schraubenabstand zum Steg der Stütze: $m = 30.0$ mm

Schraubenabstand (Endreihe) zum freien Ende des Stützenflansches: $e_1 = 60.0$ mm

Verfahren: 1 = 1: standard

Belastung

Bemessungswert der Zugkraft je Schraube: $F_{t,Ed} = 0.0$ kN

maximale Ausnutzung

$U_{max} = XXXXX$



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

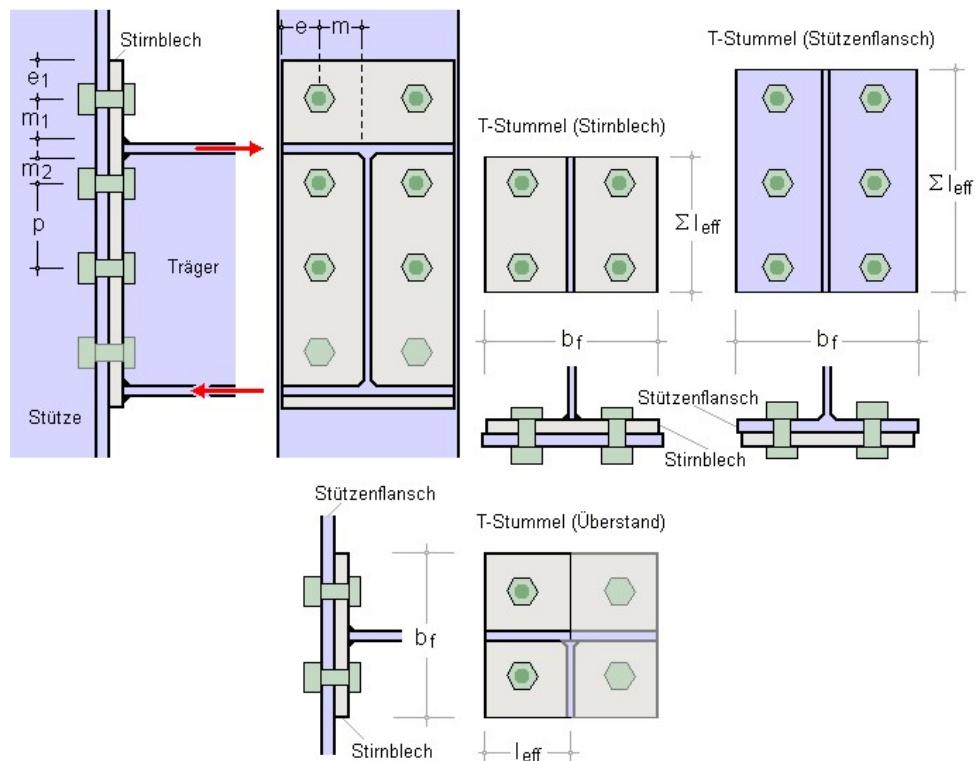
- Stützenflansch mit Biegebeanspruchung
- Stirnblech mit Biegebeanspruchung
- Flanschwinkel mit Biegebeanspruchung
- Fußplatte mit Biegebeanspruchung infolge Zugbeanspruchung

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

Als Verbindungsmittel sind lediglich Schrauben (s. Abs. 3.2, S. 11) zugelassen; die Anschlussbleche (s. Abs. 3.9, S. 43) werden hier nicht bemessen.

T-Stummel sind Schraubverbindungen zur Übertragung von Zugkräften aus dem T-Stummelsteg über den T-Stummelflansch und einer beliebigen Anzahl von Schraubenreihen (zwei Schrauben je Reihe, symmetrisch jeweils links und rechts vom Steg angeordnet) in das Anschlussblech. Eine Erweiterung auf vier Schrauben je Schraubenreihe wurde für typisierte IH2- und IH4-Anschlüsse umgesetzt, s. Abs. 3.6, S. 33. Dazu ist die T-Stummelgeometrie für die jeweiligen Belastungsfälle zu bestimmen.

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



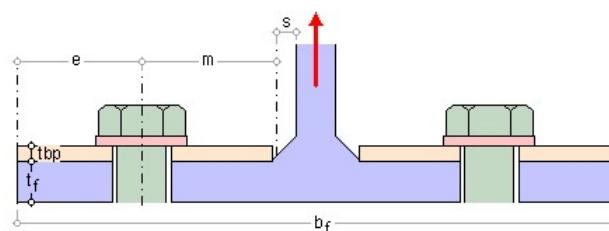
Der Stützenflansch wird abgebildet durch einen äquivalenten T-Stummel mit dem Stützenflansch als Stummelflansch und dem Stützensteg als Stummelsteg.

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

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

Wesentliche Parameter sind

- Abstand e der Schraube vom Flanschrand
- Abstand m der Schraube vom Steganschnitt
Der Steganschnitt befindet sich im Abstand
 $s = 0.8 \cdot a \cdot \sqrt{2}$ (geschweißter T-Stummel a =Schweißnahtdicke) bzw.
 $s = 0.8 \cdot r$ (gewalzter T-Stummel r =Ausrundungsradius)
- Dicke t_f und Breite b_f des T-Stummelflansches
- Dicke t_{bp} der Flanschverstärkung (Futterblech)



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

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

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

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

3.5.1

Berechnung der wirksamen Längen

Es wird zwischen der Berechnung der wirksamen Längen für ausgesteifte oder nicht ausgesteifte Stützenflansche (EC3-1-8, Tab. A.2) und für Stirnbleche (EC3-1-8, Tab. A.3) unterschieden.

Die wirksamen Längen werden für die verschiedenen Versagensmodi unterschiedlich ermittelt.

Stützenflansch

<input checked="" type="radio"/> Tragfähigkeit des Stützenflansches	<input type="checkbox"/> eine Schraubenreihe neben einer Steife
<input type="radio"/> Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen	
<input type="radio"/> Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil	
Anzahl der Schraubenreihen 2 Schrauben je Reihe	n _b <input type="text" value="2"/> > 1: Schraubengruppe
Schraubenabstand zum Flanschrand der Stütze	e <input type="text" value="50.0"/> mm
Schraubenabstand zum Steg der Stütze	m <input type="text" value="30.0"/> mm
Schraubenabstand zur nächsten Stegsteife	m ₂ <input type="text" value="40.0"/> mm
Schraubenabstand (Endreihe) zum freien Ende des Stützenflansches e ₁ = 0: kein freies Ende vorhanden	e ₁ <input type="text" value="0.0"/> mm
Schraubenabstand zwischen den Reihen	p <input type="text" value="80.0"/> mm

Es kann entweder nur eine Schraubenreihe ($n_b = 1$) oder eine Schraubengruppe mit n_b Reihen betrachtet werden.

Zur Berechnung der wirksamen Länge sind die Parameter e, m, e₁ und ggf. p anzugeben. Besteht sich eine Schraubenreihe neben einer Steife, wird außerdem m₂ abgefragt.

Wird nur eine Schraubenreihe betrachtet, gilt

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

EC 3-1-8:2010 $l_{eff,nc,s} = e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e)$ (neben einer Steife)

EC 3-1-8:2025 $l_{eff,nc,s} = \min(\alpha \cdot m, e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e))$ (neben einer Steife)

- Schraubenreihe als Teil einer Gruppe von Schraubenreihen

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

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

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

Der Beiwert α ist ein Maß für den Abstand der Schraube zu Steg und Steife. Er wird berechnet mit (EC 3-1-8, A.7.1.2(5))

$$\alpha = 4 + 1.67 \cdot e/m \cdot (m/m_2)^{0.67} \quad \dots \text{aber} \dots \alpha \geq 4 + 1.25 \cdot e/m \quad \dots \text{und} \dots \alpha \leq 8$$

Wird eine Gruppe von $n_b > 1$ Schraubenreihen betrachtet, berechnet sich die gesamte wirksame Länge als Summe der wirksamen Längen der einzelnen Schraubenreihen. Bei ungleichen Abständen zwischen den Schraubenreihen werden die benachbarten Abstände gemittelt.

Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen

<input checked="" type="radio"/> Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen
<input checked="" type="checkbox"/> Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch
<input type="radio"/> Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
Anzahl der Schraubenreihen <input type="text" value="1"/> = 1: Schraubenreihe einzeln
<input checked="" type="radio"/> innere Schraubenreihe
<input type="radio"/> äußere Schraubenreihe
Anzahl Schrauben je Reihe <input type="text" value="2"/>
Schraubenabstand zum seitl. Rand des Stirnblechs <input type="text" value="50.0"/> mm
Schraubenabstand zum Steg des Trägers <input type="text" value="30.0"/> mm
Schraubenabstand zum Flansch des Trägers <input type="text" value="40.0"/> mm

Es kann entweder nur eine Schraubenreihe ($n_b = 1$) oder eine Schraubengruppe mit n_b Reihen betrachtet werden.

Zur Berechnung der wirksamen Länge sind die Parameter e , m und ggf. p anzugeben. Befindet sich eine (innere) Schraubenreihe neben einer Steife, wird außerdem m_2 abgefragt.

Eine (äußere) Schraubenreihe kann am freien Ende des Anschlussblechs liegen, dazu ist e_1 anzugeben.

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

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

Es können 2 oder 4 Schrauben je Schraubenreihe berechnet werden. Bei vier Schrauben je Reihe s. Abs. 3.6, S. 33.

Stirnblech - überstehender Teil

<input checked="" type="radio"/> Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil nur eine Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch
<input type="checkbox"/> zusätzliche Steife im Stirnblechüberstand
<input type="checkbox"/> Berechnung als L-Stummel (reduzierter T-Stummel)
Anzahl Schrauben je Reihe <input type="text" value="2"/>
Schraubenabstand zum seitl. Rand des Stirnblechs <input type="text" value="50.0"/> mm
Schraubenabstand (Endreihe) <input type="text" value="60.0"/> mm zum freien Ende des Anschlussblechs
Schraubenabstand zum Flansch des Trägers <input type="text" value="40.0"/> mm

Es kann sich eine Schraubenreihe im Überstand befinden. Zur Berechnung der wirksamen Länge sind die Parameter e , e_1 und m_1 anzugeben.

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

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

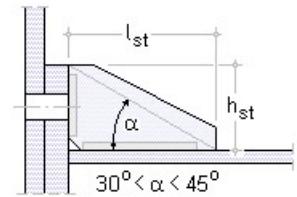
$$\star \text{ äußere Schraubenreihe } l_{\text{eff,cp}} = \min(2 \cdot \pi \cdot m, \pi \cdot m_x + w, \pi \cdot m_x + 2 \cdot e)$$

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

Wird zur Verstärkung des Überstands eine Stirnblechsteife (Dreiecksteife, nicht EC 3-1-8:2010) zwischen den Schrauben angeordnet, ergibt sich für die äußere Schraubenreihe mit Steife

$l_{\text{eff},\text{cp}}$ der kleinere Wert von $2 \cdot \pi \cdot m \dots$ und ... $\pi \cdot m + 2 \cdot e_x$

$l_{\text{eff},\text{nc}}$ der kleinere Wert von $\alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) + e_x \dots$ und ... $\alpha \cdot m$



Beim Modell für den überstehenden Teil des Stirnblechs ist es notwendig, dass sich eine korrespondierende Reihe auf der anderen Seite des Trägerflanschs befindet. Der Abstand zwischen der korrespondierenden Reihe und dem Trägerflansch sollte dem der Reihe im Überstand zum Trägerflansch entsprechen. Existiert keine adäquate Reihe, sollte das Modell des sog. L-Stummels (reduzierter T-Stummel) angewandt werden, bei dem sich die Tragfähigkeit halbiert.

3.5.2 Tragfähigkeit

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

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

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

treten Abstützkräfte auf.

Wenn Abstützkräfte auftreten können, sind in EC3-1-8, Tab.6.2, zwei Verfahren zur Bestimmung der Zugtragfähigkeit eines T-Stummelflansches aufgeführt.

Verfahren 1

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

Verfahren 2 (alternativ)

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

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

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

Die Bemessungswerte der plastischen Momente sind

$$\text{• Modus 1} \quad M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot \sum l_{\text{eff},1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{• Modus 2} \quad M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot \sum l_{\text{eff},2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{• Futterplatten} \quad M_{bp,Rd} = \frac{0.25 \cdot \sum l_{\text{eff},1} \cdot t_{fp}^2 \cdot f_{y,fp}}{\gamma_{M0}}$$

3.6

T-Stummel mit vier Schrauben je Schraubenreihe

Die Komponentenmethode des EC3-1-8 regelt u.A. geschraubte Verbindungen mit nur zwei Schrauben je Schraubenreihe. Eine Erweiterung auf die in Deutschland gebräuchlichen Stirnblechverbindungen mit vier Schrauben je Reihe wurde von verschiedenen Autoren veröffentlicht. [pcae](#) hat drei Methoden in ihren Programmen umgesetzt.

3.6.1

B. Schmidt ...

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

B. Schmidt hat die in Deutschland gebräuchlichen Stirnblechverbindungen mit vier Schrauben je Reihe

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

untersucht. Diese Methode ist daher nur für die dargestellten Anschlusskonfigurationen anwendbar.

Diese Vorgehensweise ist im vorliegenden Programm für den geschraubten Trägerstoß mit Stirnblech umgesetzt; sie gilt nicht für Träger-Stützenanschlüsse.

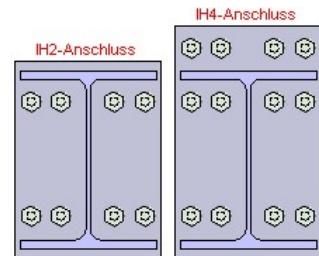


Achtung! Die Anwendung der Methode ist (gegenwärtig noch) nicht durch Norm eingeführt.

Das Verfahren wird anhand der Stirnblechverbindung erläutert.

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

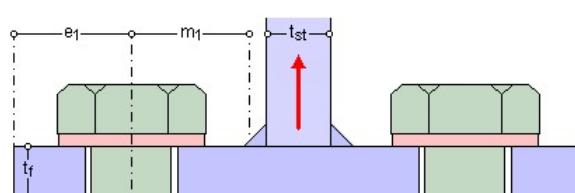
- IH2-Anschluss: Stirnblech ohne Überstand mit einer Schraubenreihe unter Zugbelastung
- IH4-Anschluss: Stirnblech mit Überstand mit zwei Schraubenreihen unter Zugbelastung (eine Reihe befindet sich im Überstand, die zweite Reihe unterhalb des Trägerflanschs)



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

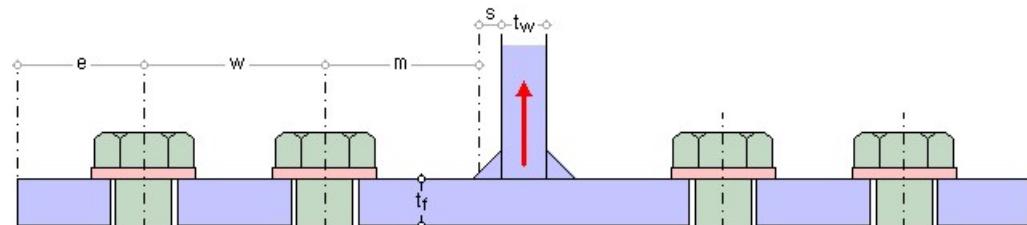
Für den **überstehenden Teil** des Stirnblechs ist das Stirnblech der Stummelflansch und der Trägerflansch der Stummelsteg des äquivalenten T-Stummels. Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des T-Stummels sind

- Abstand e der äußeren Schraube vom seitlichen Flanschrand
- Abstand w der äußeren von der inneren Schraube
- Abstand e_1 der Schrauben (Endreihe) vom freien Flanschrand
- Abstand m_1 der Schraubenreihe vom Anschliff der Steife (des Trägerflanschs)
Der Anschliff der Steife befindet sich im Abstand s von der Steife, wobei gilt
$$s = 0.8 \cdot a_{st} \cdot \sqrt{2}$$
 (geschweißter T-Stummel)
- Schweißnahtdicke a_{st} zwischen Steife (Trägerzugflansch) und Stirnblech
- Dicke t_{st} und Länge l_{st} der Zugsteife (Dicke und Breite des Trägerflanschs)
- Dicke t_f und Länge l_f des T-Stummelflanschs (Dicke t_p und Breite b_p des Stirnblechs bzw. des Stützenflanschs)



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

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



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

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

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

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

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

3.6.1.1 Berechnung der wirksamen Längen

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

Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen

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

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

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

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

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Stirnblech - überstehender Teil

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

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

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

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

3.6.1.2 Tragfähigkeit

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

$$\text{in Flanschrichtung } \delta_F = \frac{K_1 + K_2}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \quad \dots \text{ mit } \dots K_i = \frac{E \cdot t_p^3}{12 \cdot l_i^3} \Rightarrow \delta_F = \sum_{i=1}^2 1/l_i^3 / \sum_{i=1}^4 1/l_i^3 \\ \dots l_1 = l_2 = m_s \dots l_3 = w_2 \dots l_4 = m$$

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

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

$$\text{Innenschrauben } p_{Fi} = \frac{w_1 + w_2}{b_{st}} \\ \text{Außenschrauben } p_{Fa} = (1 - p_{Fi})$$

Im Stirnplattenüberstand braucht die effektive Fließlänge nicht reduziert zu werden.

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

Verfahren 1

- Modus 1

$$\text{im Überstand } F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} \\ \text{in Flanschrichtung } F_{T,1,F,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_F}{m_s} \\ \leq \frac{2 \cdot (M_{pl,1,Rd} + M_{pl,1,st,Rd}) \cdot \delta_F}{m_s} \quad \dots \text{ bei IH2-Anschlüssen} \\ \text{in Stegrichtung } F_{T,1,S,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_S}{m} \\ \Rightarrow F_{T,1,Rd} = F_{T,1,F,Rd} + F_{T,1,S,Rd}$$

- Modus 2

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

in Flanschrichtung $F_{T,2,F,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot \delta_F \cdot p_{Ff} + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_s}{m_s + n_s} \dots n_s = 1.25 \cdot m_s$

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

in Stegrichtung $F_{T,2,S,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot (\delta_F \cdot p_{Ff} + \delta_S) + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n}{m + n} \dots n = 1.25 \cdot m$

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

- Modus 3

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

Verfahren 2 (alternativ)

- Modus 1

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

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

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

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

- Modi 2 und 3 s. Verfahren 1

Die Bemessungswerte der plastischen Momente in beiden Verfahren sind

$$\text{Modus 1} \dots M_{pl,1,Rd} = \frac{0.25 \cdot I_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2}$$

$$\text{Modus 2} \dots M_{pl,2,Rd} = \frac{0.25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{2}$$

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

Die Tragfähigkeit ergibt sich damit zu

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

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

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

$$A_S = I_{eff} \cdot \delta_S \cdot t_w \dots \text{im Überstand } A_S = 0$$

3.6.2

AIF-Bericht 15059 ...

AIF-Bericht 15059: *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, 2009*

Auch der Forschungsbericht behandelt nur die in Deutschland gebräuchlichen Stirnblechverbindungen mit vier Schrauben je Reihe

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

Jedoch kann die Methode auch auf allgemeinere Anschlusskonfigurationen angewendet werden (s. Weynand/Oerder, *Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Ergänzungsband 2018*). Diese Vorgehensweise ist nur für den geschraubten Trägerstoß mit Stirnblech umgesetzt; sie gilt nicht für Träger-Stützenanschlüsse.



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

Generell folgt das Verfahren der Vorgehensweise von B. Schmidt, daher werden hier nur die wesentlichen Formeln dargestellt. Die Tragfähigkeiten der verschiedenen Versagensmodi ergeben sich zu

$$\text{Modus 1 } F_{Rd,1} = \frac{(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}}{2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m+n)}$$

$$\text{Modus 3 } F_{Rd,3} = \frac{\sum B_{t,Rd}}{2} \cdot (1+0.8) = 0.9 \cdot \sum B_{t,Rd}$$

$$\text{Modus 2 } F_{Rd,2,p} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + \frac{\sum B_{t,Rd}}{2} \cdot \left(\frac{n_1^2 + 2 \cdot n_2^2 + 2 \cdot n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2} \right)}{m + n_1 + n_2} \quad \dots \text{Abstützkräfte vorhanden}$$

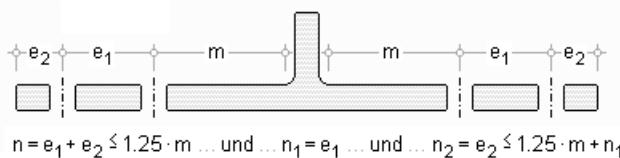
$$F_{Rd,2,np} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + \frac{\sum B_{t,Rd}}{2} \cdot n_1}{m + n_1} \quad \dots \text{Abstützkräfte nicht vorhanden}$$

... mit ... $e_w = d_w / 4$

$\sum B_{t,Rd}$ Summe der Schraubentragfähigkeiten

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}$$



Die wirksamen Längen ergeben sich für verschiedene Fließmuster zu

äußere Schraubenreihe

$$l_{eff,c} = \min [l_{eff,I}, l_{eff,II}, l_{eff,III}, l_{eff,IV}] \dots \text{mit} \dots$$

$$l_{eff,I} = 4 \cdot \pi \cdot m_x$$

$$l_{eff,II} = \pi \cdot m_x + w + 2 \cdot e_1$$

$$l_{eff,III} = 2 \cdot (\pi \cdot m_x + e_1)$$

$$l_{eff,IV} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot (e_1 + e_2)$$

$$l_{eff,nc} = \min [l_{eff,V}, l_{eff,VI}, l_{eff,VII}, l_{eff,VIII}, l_{eff,IX}] \dots \text{mit} \dots$$

$$l_{eff,V} = 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x + (e_1 + e_2)$$

$$l_{eff,VI} = 4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x + e_1$$

$$l_{eff,VII} = 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x + e_1 + 0.5 \cdot w$$

$$l_{eff,VIII} = 0.5 \cdot (2 \cdot e_1 + 2 \cdot e_2 + w)$$

$$l_{eff,IX} = 8 \cdot m_x + 2.5 \cdot e_x$$

innere Schraubenreihe neben einer Steife

$$l_{eff,c} = l_{eff,X} = 4 \cdot \pi \cdot m_1$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff,XI} = \alpha \cdot m_1$$

Wirksame Längen innerer Schraubenreihen, die nicht neben einer Steife oder Trägerflansch liegen, werden nur für zwei Schrauben je Reihe ermittelt.

3.6.3

G. Wagenknecht ...

G. Wagenknecht: *Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode*, 2014

G. Wagenknecht verfeinert die Ausführungen des AIF-Berichts dahingehend, dass er konstatiert, dass i.A. vorgespannte Schrauben verwendet werden und damit stets Abstützkräfte erzeugt werden.

Er setzt voraus, dass bei Erreichen der Grenztragfähigkeit die am Steg liegenden Schrauben zu 100%, die äußereren Schrauben zu 80% ausgenutzt sind.

Die Tragfähigkeit der inneren Schraubenreihe ergibt sich zu

$$F_{T,1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot F_{t,Rd} \cdot (3.6 - 1.6 \cdot n_1/n)}{m + n} \leq 3.6 \cdot F_{t,Rd}$$

$$F_{T,3,Rd} = 3.6 \cdot F_{t,Rd}$$

$$F_{T,4,Rd} = \frac{3.6 \cdot M_{pl,1,Rd}}{1.8 \cdot m + 0.8 \cdot n_1}$$

3.7

Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung

4H-EC3 - Basisverbindungen [Position 21: Basisverbindungen]

Nachweis eines T-Stummels unter Druckbeanspruchung:

Fußplatte

- Blechdicke t_p : 20,0 mm
- Blechbreite b_p : 250,0 mm
- Blechlänge l_p : 400,0 mm

Nachweisparameter

- Anschlussbeiwert β_j : 0,6667
- Lastausbreitungsfaktor A_{c1}/A_{c0} : 1,000
- Betongüte: C20/25 (selected)
- zusätzliches Ausbreitungsmaß c_1 : 40,0 mm
- c_2 : 0,0 mm
- Dicke des Stützenblechs = Stegdicke des T-Stummels t_s : 10,0 mm
- Breite des Stützenblechs b_s : 250,0 mm

Belastung

- Bemessungswert der Druckkraft $F_{c,Ed}$: 12,0 kN

maximale Ausnutzung

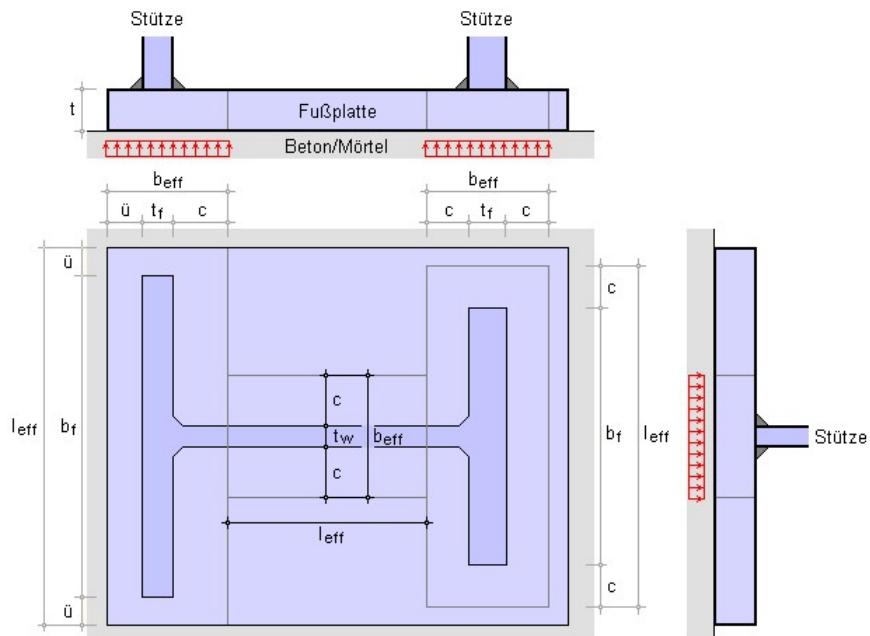
$U_{\text{MAX}} = 0,056 \leq 1 \text{ ok}$

Das Modell des äquivalenten T-Stummels mit Druckbeanspruchung dient zur Bemessung:
- einer Fußplatte mit Biegung aufgrund der Lagerpressung
- von Beton und/oder Mörtelfüllung unter der Lagerpressung



Das Modell eines äquivalenten T-Stummels mit Druckbeanspruchung kann zur Ermittlung der Tragfähigkeiten der Grundkomponente Beton und Fußplatte mit Druck dienen (EC 3-1-8, 8.4).

T-Stummel sind Verbindungen zur Übertragung von Druckkräften aus dem T-Stummelsteg (Flansch oder Steg einer Stütze) über den T-Stummelflansch (Fußplatte) in die Beton- oder Mörtelschicht.



Die Fußplatte (s. Abs. 3.9, S. 43) wird hier nicht bemessen.

Die wirksame Länge l_{eff} und die wirksame Breite b_{eff} des äquivalenten T-Stummels sind so anzusetzen, dass die Tragfähigkeiten der o.a. Grundkomponenten des Anschlusses und des äquivalenten T-Stummels gleich groß sind.

Anschlussbeiwert	β_j : 0,6667
Lastausbreitungsfaktor	A_{c1}/A_{c0} : 0,000
Betongüte	C20/25 (selected)
zusätzliches Ausbreitungsmaß	c_1 : 40,0 mm
	c_2 : 0,0 mm

Im Programm sind die Parameter des äquivalenten T-Stummels einzugeben mit

- dem Anschlussbeiwert β_j
- dem Lastausbreitungsfaktor A_{c1}/A_{c0} zur Berechnung der Teilflächenlast
- der Betongüte des Fundaments zur Berechnung der Teilflächenlast. Es kann entweder eine Betongüte (Normalbeton) aus der Liste ausgewählt werden oder die charakteristische Druckfestigkeit f_{ck} direkt vorgegeben werden.
- den zusätzlichen Ausbreitungsbreiten c_1, c_2 , wobei u.U. eine der beiden dem Überstand über der Fußplatte entspricht. Ist c_2 nicht vorgegeben ($c_2 = 0$), wird der Wert aus der Länge der Fußplatte ermittelt mit $c_2 = l_p - c_1 - t_s$.

Weiterhin werden die Abmessungen des Stützenblechs sowie der Fußplatte abgefragt

- Dicke t_s und Breite b_s eines Stützenblechs (z.B. für einen Profilflansch $t_s = t_f$ und $b_s = b_f$)
- Abmessungen t_p, l_p, b_p und Stahlsorte der Fußplatte. Ist c_2 vorgegeben ($c_2 > 0$), ist die Länge der Fußplatte l_p nicht relevant

3.7.1 Berechnung der wirksamen Breite

Die Spannungsverteilung unter dem T-Stummel wird gleichmäßig angenommen, wenn die zusätzliche Ausbreitungsbreite der Druckkraft aus der Stütze den folgenden Wert nicht überschreitet (EC3-1-8, 6.2.5(4))

$$c_{\max} = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{MO}}} \quad \text{mit ...}$$

Bemessungswert der Beton-/Mörteldruckfestigkeit unter Lagerpressung $f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot F_{Rdu}}{b_{eff} \cdot l_{eff}}$
Anschlussbeiwert β_j , i.A. $\beta_j = 2/3$

Tragfähigkeit unter konzentrierten Lasten (EC2, 6.7) $F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3.0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$
... mit ... $A_{c0} = b_{eff} \cdot l_{eff}$

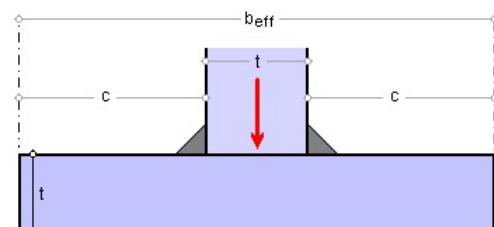
Bemessungswert der Beton-/Mörteldruckfestigkeit $f_{cd} = \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad \text{mit ... } \gamma_c = 1.5$

Die wirksame Breite ergibt sich damit zu

Stützenflansch $b_{eff} = \min(\bar{u}, c_{\max}) + t_f + c$

Stützensteg $b_{eff} = 2 \cdot c + t_w$

Die wirksame Länge wird entsprechend gebildet.



3.7.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines T-Stummelflansches unter Druck wird bestimmt mit

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff}$$

Stahlsorten

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

- S 235, W und H
- S 275, N/NL, M/ML, H, NH/NLH und MH/MLH
- S 355, N/NL, M/ML, W, H, NH/NLH und MH/MLH
- S 420
- S 450
- S 460 N/NL, M/ML, Q/QL/QL1, H, NH/NLH und MH/MLH

sowie die hochfesten Stähle (nicht EC 3-1-1:2010)

- S 500 Q/QL/QL1
- S 550 Q/QL/QL1
- S 600
- S 620 Q/QL/QL1
- S 650
- S 690 Q/QL/QL1
- S 700

und die Stähle der warmgewalzten Flacherzeugnisse zum Kaltumformen (nicht EC 3-1-1:2010)

- S 260 NC
- S 315 MC und NC
- S 355 MC und NC
- S 420 MC und NC
- S 500 MC
- S 550 MC
- S 600 MC
- S 650 MC
- S 700 MC

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

Die 'Stahlsorte' steht somit als Synonym für die Festigkeiten f_y und f_u , die je nach Dicke des Bauteils variieren können, den Elastizitätsmodul E sowie den Korrelationsbeiwert β_w , der bei der Bemessung einer Schweißverbindung mit Kehlnähten oder einer Lochschweißung relevant ist.

Zur genaueren Spezifikation der Stahlsorte steht ein Text-Eingabefeld zur Verfügung, das zusätzlich zur Sorte eine Kennung in der Druckliste angibt.

<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe		
Kennung	S235JR	gemäß EN 10025-2
char. Streckgrenze	$f_{y,40}$	235,0 N/mm ²
char. Zugfestigkeit	$f_{u,40}$	360,0 N/mm ²
für Blechdicke max t ≤ 40 mm		
char. Streckgrenze	$f_{y,80}$	215,0 N/mm ²
char. Zugfestigkeit	$f_{u,80}$	360,0 N/mm ²
für Blechdicke 40 mm < max t ≤ 80 mm		
char. Streckgrenze	$f_{y,\infty}$	215,0 N/mm ²
char. Zugfestigkeit	$f_{u,\infty}$	360,0 N/mm ²
für Blechdicke max t > 80 mm		
E-Modul	E	210000,0 N/mm ²
Korrelationsbeiwert	β_w	0,80

3.9

Anschlussbleche

Mit dem Programm *Basisverbindungen* können u.A. Schrauben- und Schweißverbindungen nachgewiesen werden.

Es wird jeweils ein Verbindungsmittel (eine Schraube, ein Niet, ein Bolzen oder eine Schweißnaht) hinsichtlich seiner wesentlichen Belastungsarten untersucht.

Die Anschlussbleche werden nur betrachtet, soweit sie die Bemessung des Verbindungsmittels betreffen.

Blech 1:	Blechdicke t	<input type="text" value="26.0"/> mm	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Stahlsorte	S 235	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ohne Nachweis
Blech 2:	Blechdicke t	<input type="text" value="20.0"/> mm	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Stahlsorte	S 275	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ohne Nachweis
<input checked="" type="checkbox"/> Futterblech mit Blechdicke t <input type="text" value="6.0"/> mm			

Die Blech 1 betreffenden Nachweise werden grundsätzlich durchgeführt, während Blech 2 über die Aktivierung des Buttons **ohne Nachweis** ausgeschlossen werden kann.

Jedem Anschlussblech kann eine andere Stahlsorte, s. Abs. 3.8, S. 42, zugeordnet werden, die wiederum über den **Vorgabe-Button** vom Anwender manipuliert werden kann.

Häufig wird bei Anschlüssen ein Futterblech angeordnet, das bei der Bemessung berücksichtigt werden muss.

Bei zweischnittigen Verbindungen mit Futterblechen auf beiden Seiten des Stoßes ist die Dicke des dickeren Futterblechs anzusetzen (EC 3-1-8, 5.9.1(7)).

Bei Ankerschrauben entspricht das erste Blech der Fußplatte, das zweite Blech dem Betonfundament und das Futterblech der Mörtelschicht.

Fußplatte:	Blechdicke t _p	<input type="text" value="25.0"/> mm	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Stahlsorte	S 235	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ohne Nachweis
Kennung	<input type="text"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> Mörtelschicht	Dicke t _m	<input type="text" value="15.0"/> mm	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Fundament:	Blechdicke t _f	<input type="text" value="300.0"/> mm	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Betongüte	<input type="text" value="C20/25"/>		

Dementsprechend ist die Materialgüte des zweiten Blechs dem Beton des Fundaments anzupassen.

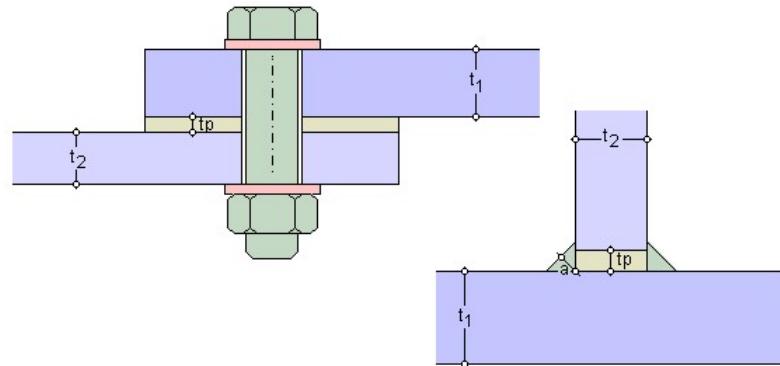
3.10

Grafische Darstellung

Die wesentlichen Parameter der Anschlussmittel werden überprüft.

Sind Verbindungsmittel und Anschlussbleche sinnvoll eingegeben, wird die Verbindung zur optischen Kontrolle maßstabsgerecht dargestellt.

Änderungen an den Parametern werden sofort übernommen; die wesentlichen Abmessungen sind bezeichnet.



Tritt jedoch ein Fehler beim Datencheck auf, kann die Verbindung grafisch nicht dargestellt werden ('Fehler in den Eingabedaten'). Der bestehende Grund wird während der Berechnung am Bildschirm sowie anschließend in der Druckliste gemeldet.

3.11 Ausdrucksteuerung

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

Für die Detail-Position können **Vorbemerkungen** in das Druckdokument eingefügt werden. Der Text kann in den dafür vorgesehenen Text-Editor (erreichbar über ▶) eingegeben werden. Die benötigte Zeilenanzahl wird angegeben.

Wurde mit dem 3D-Viewer ein Foto gemacht, wird dies in die Druckliste als **fotorealistische Darstellung** eingebunden.

Es kann eine maßstäbliche **grafische Darstellung** des Anschlusses in die Liste eingefügt werden. Der **Maßstab** kann entweder vorgegeben werden, oder die Zeichnung wird im Falle einer Eingabe von 0 größtmöglich in den dafür vorgesehenen Platz gesetzt.

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

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

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

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

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

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

Ergebnisse

- ausführlich
- standard
- minimal

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

- tabellarisch
- maßgebende Lastkombination detailliert
- Lastkombination detailliert: Nr.
- keine detaillierte Ausgabe

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

Im Programmen **4H-EC3SK**, Stahlkonsole, wird beim Nachweis der Ermüdung der **maßgebende Kerbpunkt** ausgegeben.

- maßgebende Lastkombination / Kerbpunkt nur 4H-EC3SK

Neben der tabellarischen Ausgabe kann auch nur die **maßgebende Lastkombination** protokolliert werden.

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

- optimierte Tabelle (FEM-Ergebnisse) nur 4H-EC3FS, FK, QN
- Bemessungsgrößen nur 4H-EC3BT - Familie
4H-EC3GT - Familie
- Zwischenergebnisse
- Erläuterungsskizzen

In den Programmen der **4H-EC3BT**-Familie (**4H-EC3BT**, Biegesteifer Trägeranschluss, **4H-EC3RE**, Rahmenecke, **4H-EC3TT**, Thermische Trennschicht, **4H-EC3IH**, Typisierte IH-Anschluss, **4H-EC3IM**, Typisierte IM-Anschluss) und der **4H-EC3GT**-Familie (**4H-EC3GT**, Gelen-

Kiger Trägeranschluss, 4H-EC3IS, Typis. IS,IW,IG,IK-Anschluss) wird die Herleitung der **Bemessungsgrößen** protokolliert.

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

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

Abschnittsnummerierung unterdrücken

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

Toleranz im Endergebnis %



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

3.12 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**.

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 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Januar 2011
- /6/ DIN EN 1992-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2013
- /7/ DIN EN 1992-4, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton; Deutsche Fassung EN 1992-4:20018, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2019
- /8/ DIN EN 1992-4/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2019
- /9/ 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
Sowie: Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2025, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2025
- /10/ 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
- /11/ 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
- /12/ 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
- /13/ 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
- /14/ 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
- /15/ 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
- /16/ 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
Sowie: Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2025, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2025

- /17/ 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
- /18/ 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 November 2018
Sowie: Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2025, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe April 2025
- /19/ 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
- /20/ 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
- /21/ DIN EN 1993-1-9, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /22/ DIN EN 1993-1-9/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /23/ DIN EN 1993-6, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen; Deutsche Fassung EN 1993-6:2007 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /24/ DIN EN 1993-6/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe Dezember 2010
- /25/ 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
- /26/ 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
- /27/ DIN 18800-1, Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe November 2008

Bemessung

- /28/ E. Kahlmeyer, K. Hebestreit, W. Vogt: Stahlbau nach EC3, Bemessung und Konstruktion, Träger - Stützen - Verbindungen, 6. Auflage, Werner-Verlag, 2012
- /29/ R. Kindmann, M. Stracke: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012
- /30/ R. Kindmann, M. Krüger: Stahlbau Teil 1: Grundlagen, 5. Aufl., Verl. Ernst & Sohn, 2013
- /31/ R. Kindmann: Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung, 4. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2008
- /32/ R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele, Verlag Ernst & Sohn, 2002
- /33/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 1: Tragwerksplanung, Grundlagen, 5. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014
- /34/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 2: Verbindungen und Konstruktionen, 3. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2011
- /35/ G. Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3: Komponentenmethode, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014

- /36/ D. UngermaNN, K. Weynand, J.-P. Jaspart, B. Schmidt: Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen, Stahlbau Kalender 2005, Verlag Ernst & Sohn, 2005
- /37/ D. UngermaNN, S. Schneider: Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-8: Bemessung von An schlüssen, Stahlbau Kalender 2013, Verlag Ernst & Sohn, 2013
- /38/ 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
- /39/ Björn Schmidt: Zum Tragverhalten von geschraubten momententragfähigen Stirnplattenverbindungen mit 4 Schrauben in jeder Schraubenreihe, Dissertation, TU Dortmund, 2008
- /40/ Beispiele zur Bemessung von Stahltragwerken nach DIN EN 1993 Eurocode 3, bauof rumstahl e.V., Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG
- /41/ K. Weynand, R. Oerder: Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau Verlag- und Service GmbH, Gesamtausgabe 2013
- /42/ L. Nasdala, B. Hohn, R. Rühl: Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit elastomerer Zwischenschicht, Bauingenieur, Bd. 80, Dezember 2005
- /43/ Y. Ciupack, H. Pasternak: Thermisch getrennte Stirnplattenstöße, Bauingenieur, Bd. 88, Dezember 2013
- /44/ Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf, www.calenberg-ingenieure.de
- /45/ ECCS Document No. 126: European Recommendations for the Design of Simple Joints in Steel Structures. ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Demonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume
- /46/ 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
- /47/ 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
- /48/ 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
- /49/ 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
- /50/ 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
- /51/ C. Seeßelberg: Kranbahnen, 4. Auflage, Bauwerk BBB, Beuth Verlag GmbH, 2014
- /52/ A. Steurer: Das Tragverhalten und Rotationsvermögen geschraubter Stirnplattenverbindungen, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Zürich, Dezember 1999
- /53/ T. Laufs, C. Radlbeck: Aluminiumbau-Praxis nach Eurocode 9, Berechnung und Konstruktion, Bauwerk, Bauwerk, Beuth-Verlag GmbH, 2015
- /54/ J.-M. Franssen, P. Vila Real: Fire Design of Steel Structures, 2nd Edition, ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2015
- /55/ DAST-Richtlinie 027: Ermittlung der Bauteiltemperatur feuerverzinkter Stahlbauteile im Brandfall, Ausgabe Nov. 2020
- /56/ M. Mensinger, M. Stadler: Brandschutznachweise, Workshop Eurocode 3 - Rechenbeispiele, 8. November 2008, München
- /57/ Berechnungsrichtlinie für die Querschnitts- und Stabbemessung nach Eurocode 3 mit Schwerpunkt auf semi-kompakten Querschnitten; TU Graz Institut für Stahlbau, Lessingstr. 25/38010 Graz
- /58/ W. Martin: ζ -Werte für den Biegendrillknicknachweis von I-Profilen

- /59/ J. Lindner, J. Scheer, H. Schmidt: Stahlbauten, Erläuterungen zu DIN 18800 Teil 1 bis Teil 4, Beuth-Kommentare
- /60/ J. Lindner: Stabilisierung von Trägern durch Trapezbleche, Stahlbau 56 (1987), S. 9-15
- /61/ R. Puthli: Hohlprofilkonstruktionen im Geschossbau - Ausblick auf die europäische Normung, Stahlbau-Kalender 2002, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002
- /62/ 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
- /63/ 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
- /64/ 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

5

Index

Abkürzungen 2 Anhang nationaler 45 Anschlussblech 19, 43 Bauteil erzeugen 7 blank 2 Blechschnittgrößen 26 Bolzen 14, 19 Breite wirksame 41 Buttons 2 Cursor 2 Druckliste 44 Einwirkung 2 e-Mail 6 Englisch 45 Extremabildungsvorschrift 2 Festigkeitsklasse 11 Fließen 29 Fremdsprache 45 Futterblech 26 IH2 33, 38 IH4 33, 38 Injektionsschraube 11 Installation 5 Kehlnaht 23 Kontextsensitivität 6	Länge wirksame 30 Lastbild 2 Lastfall 2 Lastkollektiv 2 Lochschweißung 26 Materialsicherheitsbeiwert 10 Niet 13 Ordner 7 Schlitznaht 25 Schraube 11 Schreibtisch 6 Schreibtischauswahl 5 Schweißnahtkräfte 26 Schweißverbindung 23 Stahlsorte 10, 42 Startsymbol 5 Steuerbutton 6 Stumpfnaht 25 Tragfähigkeit Bolzen 20 Tragfähigkeit Niet 16 Tragfähigkeit Schraube 16 T-Stummel Druck 40 T-Stummel Druck Tragfähigkeit 41 T-Stummel Zug 28 T-Stummel Zug Tragfähigkeit 32
---	---