



4H-EC3BV Stahlbau-Basisverbindungen

Detailinformationen

Seite erweitert November 2025

Kontakt



Programmübersicht



Bestelltext



Infos auf dieser Seite

... als pdf



- allgemeine Einstellungen
- Schrauben / Nieten / Bolzen
- Tragfähigkeit Schraubenverb.
- Tragfähigkeit Schweißverb.
- T-Stummel Zugbeanspruchg.
- T-Stummel Zug 4 Schrauben
- T-Stummel Druckbeansprg.
- ationale Anhänge Eurocodes
- Anschlussbleche
- Stahlsorten
- grafische Darstellung
- Ausdrucksteuerung

allgemeine Einstellungen

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

Vorschrift **EC 3 - Ausgabe 2025**

Materialsicherheit ☒ genormt

Beanspruchbarkeit von Querschnitten	γ _{M0}	1.00
Beanspruchbarkeit von Verbindungsmitteln	γ _{M2}	1.25
Gleitfestigkeit von Schraubverbindungen (Kategorie C)	γ _{M3}	1.25
Gleitfestigkeit von Schraubverbindungen im GZG (Kat. B)	γ _{M3,ser}	1.10
Lochleibungsbeanspruchbarkeit von Injektionsschrauben	γ _{M4}	1.00
Beanspruchbarkeit von Bolzen im GZG	γ _{M5,ser}	1.00
Vorspannung hochfester Schrauben	γ _{M7}	1.10

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)

Steuerung der Programmeingabe

☒ einheitliche Stahlsorte für alle Verbindungsbleche

Stahlsorte **S235** ☐ Vorgabe

Kennung

Bild vergrößern



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

- Schraubenverbindungen
- Schweißverbindungen
- T-Stummelverbindungen mit Zugbelastung

• ... **Druckbelastung**

Vorschrift EC 3 - Ausgabe 2025

In diesem Programm werden folgende Vorschriften eingehalten (s. **Literatur**)

- 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.

Die Normenbezüge dieses Dokuments sind auf die aktuellen Vorschriften aus dem Jahr 2025 bezogen.

Unterschiede gegenüber den Vorgängerversionen sind gekennzeichnet.

Materialsicherheit (☒ 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 ☐ 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** gewählt.

In den nachfolgenden Registerblättern werden dann die Stahlsorten der Verbindungsbleche nicht mehr angeboten.

Schrauben - Niete - Bolzen

Schrauben-, Niet- oder Bolzenverbindung:

Verbindungsmittel

Schraube

Schraubengröße

M20

Vorgabe

Festigkeitsklasse

10.9

Vorgabe

☒ normale Schlüsselweite

☐ große Schlüsselweite

☐ Passschraube

☒ normales Lochspiel

☐ übergroßes Loch

☐ kurzes Langloch 1 Krafrichtg.

☐ kurzes Langloch II Krafrichtg.

☐ großes Langloch 1 Krafrichtg.

☐ großes Langloch II Krafrichtg.

☐ Senkschraube

☐ Bohrloch mit Gewinde

Anschlussbleche

Blech 1: Blechdicke t₁ 10.0 mm

Blech 2: Blechdicke t₂ 16.0 mm

☐ ohne Nachweis

☐ Futterblech

Nachweisparameter

☐ einschnittiger ...

☒ zweischnittiger Anschluss

Kategorie der Scherverbindungen

A

☒ Gewinde ...

☐ Schaft liegt in der Scherfuge

in Krafrichtung:

Randabstand (Blech 1) e_{1,1} 50.0 mm

Randabstand (Blech 2) e_{1,2} 50.0 mm

Lochabstand p₁ 70.0 mm

☐ langer Anschluss

☐ einschnittiger Anschluss mit nur einer Schraubenreihe

quer zur Krafrichtung:

Randabstand (Blech 1) e_{2,1} 40.0 mm

Randabstand (Blech 2) e_{2,2} 40.0 mm

Lochabstand p₂ 80.0 mm

☐ Lochleibungsverformung begrenzen

Gleitflächenklasse

A

μ 0.50

Kategorie der Zugverbindungen

D

Belastung je Schraube

Zugkraft F_{t,Ed} 12.0 kN

Zugkraft im GZG F_{t,Ed,ser} 0.0 kN

maximale Ausnutzung

U_{max} = 0.068 ≤ 1 ok

Bild vergrößern

Für geschraubte Verbindungen werden folgende Verbindungsmittel angeboten

Schrauben-, Niet- oder Bolzenverbindung:

Verbindungsmittel

Schraube

Schraube

Niet

Injektionsschraube

Bolzen

Ankerschraube

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

ec3bv_details.htm[19.11.2025 14:36:12]

verändert werden.

Schrauben, Injektionsschrauben

Die Rechenparameter für die gängigen Schraubengrößen M12, M14, M16, M18, 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. Ebenso können kleine Schraubengrößen M5, M6, M8, M10 und die Edelstahl-Festigkeitsklassen 50, 70, 80 gewählt werden.

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

Verbindungsmittel

Schraube

Schraubengröße

M20

☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse

8.8

☐ Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite

☒ große Schlüsselweite

☐ Passschraube

FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube

☒ gleitfeste Verbindung

Vorspannkraft je Schraube $F_{p,C}$

0.0

kN

= 0: volle Vorspannung

☐ normales Lochspiel

☒ übergroßes Loch

☐ kurzes Langloch \perp Kraftrichtg.

☐ kurzes Langloch \parallel Kraftrichtg.

☐ großes Langloch \perp Kraftrichtg.

☐ großes Langloch \parallel Kraftrichtg.

großes Lochspiel $\Delta d_{\text{groß}}$

4.0

mm

☒ Senkschraube

$t_{k,s}$

6.0

mm

Senkung des Kopfes

☒ 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

☐ Vorgabe

☒ Lochspiel 2 mm

Festigkeitsklasse

4.6

☐ 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.

☐ normales Lochspiel

☒ übergroßes Loch

☐ kurzes Langloch ⊥ Krafrichtg.

☐ kurzes Langloch || Krafrichtg.

☐ großes Langloch ⊥ Krafrichtg.

☐ großes Langloch || Krafrichtg.

großes Lochspiel

$\Delta d_{\text{groß}}$

mm

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

Schrauben und Injektionsschrauben 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 Krafrichtung. Die Lochlänge ist programmintern festgelegt, die Lochbreite (in Querrichtung) entspricht dem normalen Lochdurchmesser.

Die im Programm hinterlegten Parameter der Schraubengröße sind

Schraubengröße

☒ Vorgabe

Schaftdurchmesser

d

mm

Nennlochspiel

Δd

mm

Bruttofläche (Schaft)

A

cm²

Spannungsfläche

A_s

cm²

Schraubenkopf-Schlüsselweite

d_s

mm

Schraubenkopf-Eckenmaß

d_e

mm

Schraubenkopfhöhe

t_k

mm

Höhe der Mutter

t_m

mm

Unterlegscheibe-Durchmesser

d_p

mm

Unterlegscheibe-Blechdicke

t_p

mm

Unterlegscheibe

☐ einseitig

☒ beidseitig

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

Verbindungsmittel

☒

Schraubengröße

☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse

☐ Vorgabe

Festigkeit des Injektionsharzes

f_{b,resin}

N/mm²

☐ gleitfeste Verbindung

☒ normales Lochspiel

☐ übergroßes 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.

Niete

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

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

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

Verbindungsmittel	Niet	
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 Bezugsgrößen 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.

Bolzen

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

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

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

Derzeit sind im EC 3-1-8 keine Bezugsgrößen für den Bolzenwerkstoff angegeben, weshalb die deutschen Bolzenwerkstoffe **Festigkeitsklasse 4.8** und **S235J2 + C450** (s. NA-DE) angeboten werden.

Zudem besteht die Möglichkeit, den Bolzenwerkstoff über eine **Stahlsorte** nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben.

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

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	
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** nach DIN EN 1993-1-1 vorzugeben.

Alternativ kann natürlich eine **Schraubengüte** vorgegeben werden.

In allen Fällen gilt, dass bei Abscherbeanspruchung die Streckgrenze den Wert 640 N/mm^2 und bei Zugbeanspruchung den Wert 900 N/mm^2 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.

Tragfähigkeit von Schraubenverbindungen

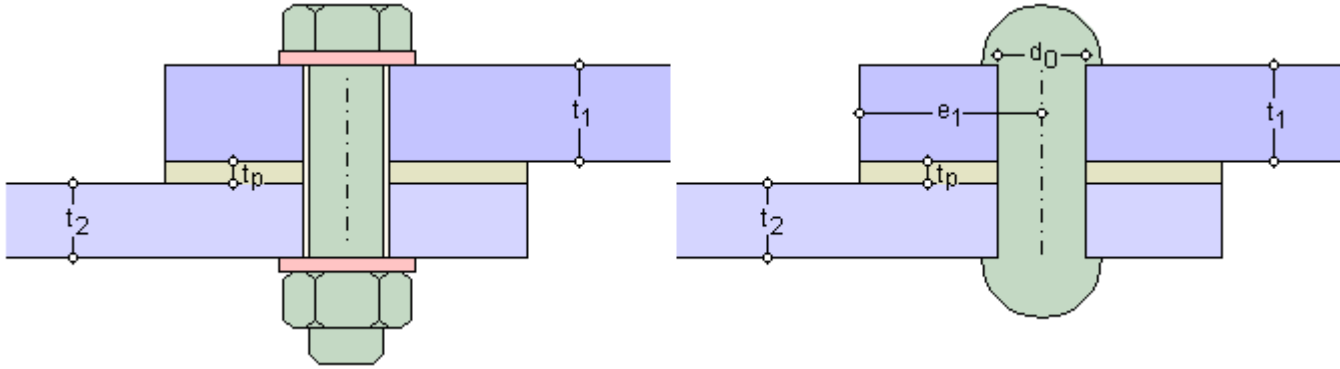


Schrauben (einschl. Injektionsschrauben) und Niete können auf Abscheren und/oder Zug (EC 3-1-8, 5.4, 5.6) beansprucht werden, wohingegen Bolzenverbindungen auf Abscheren und/oder Biegung (EC 3-1-8, 5.5) bemessen werden.

Bei Ankerschrauben u.A. die Interaktion der Schraube mit dem Betons betrachtet (EC 3-1-8, 5.3).

Die **Anschlussbleche** werden hier nicht bemessen.

Schrauben, Injektionsschrauben 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)

• Berechnung der Tragfähigkeiten von Schrauben und Niete

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

Nachweisparameter

☒ einschnittiger ...☐ zweischnittiger Anschluss

Kategorie der Scherverbindungen

C

☐ Gewinde ...☒ Schaft liegt in der Scherfuge

in Krafrichtung:

Randabstand (Blech 1)

$e_{1,1}$

50.0

mm

Randabstand (Blech 2)

$e_{1,2}$

40.0

mm

Lochabstand

p_1

70.0

mm

☐ langer Anschluss

☐ einschnittiger Anschluss mit nur einer Schraubenreihe

quer zur Krafrichtung:

Randabstand (Blech 1)

$e_{2,1}$

30.0

mm

Randabstand (Blech 2)

$e_{2,2}$

30.0

mm

Lochabstand

p_2

55.0

mm

☐ Lochleibungsverformung begrenzen

Gleitflächenklasse

A

μ 0.50

Nettoquerschnitt im kritischen Schnitt

A_{net}

11.250

cm²


☐ 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 Anschlüssen 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 Anschlüssen nicht verwendet werden (s. EC 3-1-8, 5.2(3))!

Abscheren je Scherfuge

ec3bv_details.htm[19.11.2025 14:36:12]

• Schraube

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

• Niet

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

Die Abschertragfähigkeit wird nur angesetzt, wenn die Schraubenlöcher in Krafrichtung 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))

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

• Lochleibung

n. EC 3-1-8:2010

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

Beiwert α_d in Krafrichtung

- 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 Krafrichtung

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

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

n. EC 3-1-8:2025

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

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

Wenn Lochleibungsverformungen begrenzt werden müssen, gilt

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

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

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

- $k_b = 0.9$ für kurze Langlöcher
- $k_b = 0.375 \cdot \alpha_b + 0.15$, aber $k_b \leq 0.9$ für lange Langlöcher

Bei Randschrauben quer zur Krafrichtung 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bei Senkschrauben wird davon ausgegangen, dass sie den maßgebenden Normen entsprechen.

- Niet

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

Bei Senknieten wird die Tragfähigkeit mit 0.7 multipliziert.

• Durchstanzen

- Schraube (bei Nieten nicht erforderlich)

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

- Senkschraube und Senkniet (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 Abscheren und Zug

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

• 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 Krafrichtung

$k_s = 0.7$ großen Langlöchern \perp Krafrichtung

$k_s = 0.76$ kurzen Langlöchern \parallel Krafrichtung

$k_s = 0.63$ großen Langlöchern \parallel Krafrichtung

n Anzahl Reiboberflächen (=1 bei einschnittigen Verbindungen)

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

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

n. EC 3-1-8:2025

Die Mindesteinschraubtiefe ergibt sich zu

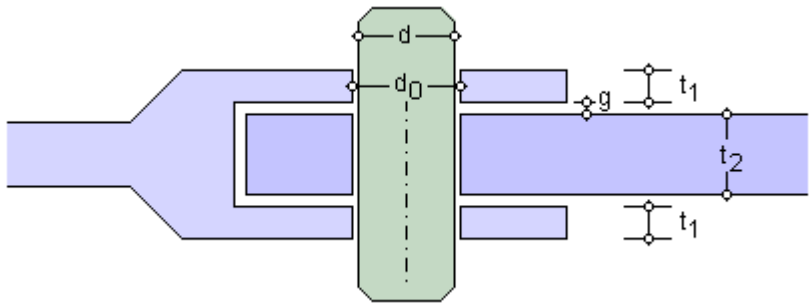
$$\Delta e = L_t / d \cdot d \quad \dots \text{ mit } \dots L_t / d \text{ lt. Tabelle}$$

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

Schraubengrößen < M12 und > M36 sind nicht zugelassen.

Ebenso sind nur die in der Tabelle aufgeführten Schraubenfestigkeiten zugelassen.

Bolzen



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

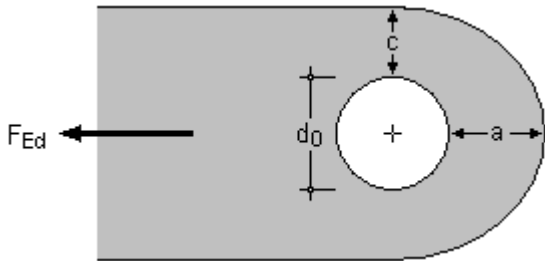
Dazu kann

- Möglichkeit A: die Dicke des Augenstabs und der Lochdurchmesser des Bolzens
- Möglichkeit B: nur die Geometrie des Augenstabs

vorgegeben werden,

• **Möglichkeit A**

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

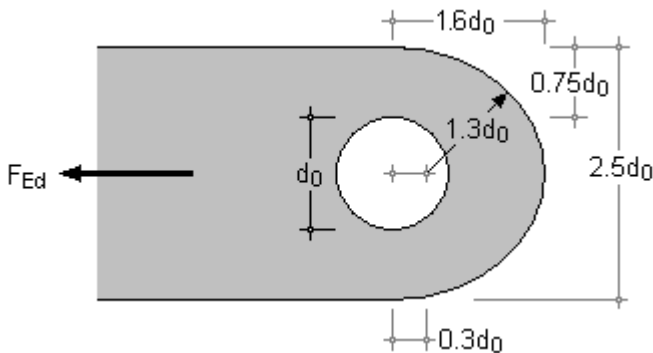


Die geometrischen Parameter a und c müssen dann folgenden Bedingungen genügen

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

• **Möglichkeit B**

Die Geometrie des Augenstabs in Abhängigkeit vom Bolzenlochdurchmesser ist vorgegeben.



Blechdicke t und Bolzenlochdurchmesser d_0 müssen dann den folgenden Bedingungen genügen

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

• **Berechnung der Tragfähigkeit 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

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

- symmetrische Anordnung für eine maximale Querkraft und ein entsprechendes Biegemoment

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

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

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

- asymmetrische Anordnung für eine hohe Querkraft und ein hohes Biegemoment

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

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

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

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

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

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

- **Biegung des Bolzens**

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

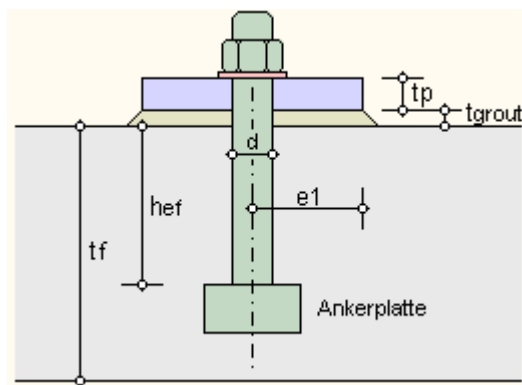
bei austauschbaren Bolzen zusätzlich

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

- **Kombination von Abscheren und Biegung des Bolzens**

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

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)

$$F_{vb,Rd} = \alpha_{bc} \cdot f_{yb} \cdot A_s / \gamma_{M2} \quad \text{mit} \quad \alpha_{bc} = 0.44 - 0.0003 \cdot f_{yb}$$

f_{yb} Streckgrenze der Ankerschraube, wobei gilt $235 \text{ N/mm}^2 < f_{yb} \leq 640 \text{ N/mm}^2$

• 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 ($t_{grout} \leq 0.5 \cdot d$)

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

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

$$= 0.5 \quad \text{für } 500 \text{ N/mm}^2 < f_{uk} \leq 1000 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\quad \quad \quad \text{und} \quad e_1 = t_p / 2 + t_{grout}$$

$\alpha_M = 1.0$ Annahme: keine Einspannung

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

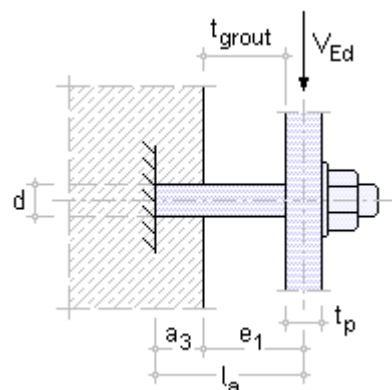
und $N_{Ed} > 0$ nur Zugkräfte

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

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

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

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



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

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

- **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)**

$$F_{bd} = h_{ef} \cdot A_s \cdot f_{bd} \cdot 4/d \quad \dots \text{ mit } \dots f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

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

$$\eta_1 = 0.7 \quad \text{Beiwert der Verbundbedingungen, hier: m\u00e4\u00dfig}$$

$$\eta_2 \quad \text{Beiwert zur Ber\u00fccksichtigung des Stabdurchmessers}$$

$$\eta_2 = 1.0 \quad \dots \text{ f\u00fcr } \dots \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$\eta_2 = (132 - \phi) / 100 \quad \dots \text{ f\u00fcr } \dots \phi > 32 \text{ mm}$$

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

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

- **Kegelf\u00f6rmiger Betonausbruch (EC 3-1-8, A.18/A.19 - EC 2-4, 7.2.1.4)**

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

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

$$k_{cr,N} = 7.7 \quad \text{f\u00fcr nachtr\u00e4glich montierte Befestigungselemente}$$

$$k_{cr,N} = 8.9 \quad \text{f\u00fcr einbetonierte Kopfbolzen}$$

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

$$\psi_{s,N} = 1 \quad \text{kein Einfluss des Betonrands}$$

$$\psi_{re,N} = 1 \quad \dots \text{ der Bewehrung}$$

$$\psi_{ec,N} = 1 \quad \text{kein Gruppeneffekt}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{keine Biegemomente}$$

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

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

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

$$A_h = \pi / 4 \cdot (d_h^2 - d_a^2) \quad \text{lastabtragende Fl\u00e4che des Kopfes des Befestigungselements}$$

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

$$k_2 = 7.5 \quad \text{bei Befestigungselementen in gerissenem Beton}$$

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

Bei Kopfbolzen und nachtr\u00e4glich montierten mechanischen Befestigungselementen nicht erforderlich.

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

Nachweis nicht erforderlich, da die charakteristischen Widerst\u00e4nde bei Betonausbruch und Versagen durch Herausziehen f\u00fcr 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

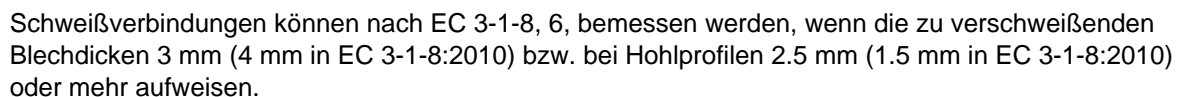
$$(N_{Ed} / N_{Rd,s})^2 + (V_{Ed} / V_{Rd,s})^2 \leq 1 \quad \dots \text{ bei Querlast mit Hebelarm nicht erforderlich}$$

Betonbruch

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

$$\dots \text{ mit } \dots N_{Ed} / N_{Rd,i} \leq 1 \quad \dots \text{ und } \dots V_{Ed} / V_{Rd,i} \leq 1$$

Bild vergrößern



Kehlnähte

The diagram illustrates the stability of a ship's hull. A cross-section of the hull is shown partially submerged in water. The waterline is a horizontal line. The center of buoyancy is marked as t_1 and the center of gravity as t_2 . The distance from the waterline to t_1 is labeled t_1 . The distance from t_1 to t_2 is labeled t_2 . The angle between the vertical line through t_1 and the line connecting t_1 and t_2 is labeled φ . The hull is tilted at an angle φ relative to the vertical. The area of the hull below the waterline is shaded green, and the area above is yellow.

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 $\geq 3\text{ mm}$ 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 Minstdicke von

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

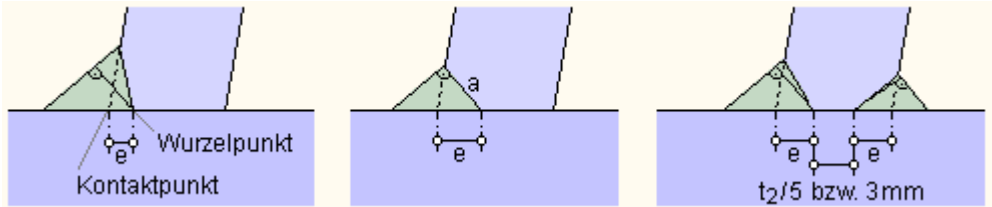
vorgeschrieben.

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 Schweißzusatzwerkstoffs der Festigkeit des schwächeren der zu verschweißenden Bleche entsprechen (EC 3-1-8, 6.2).

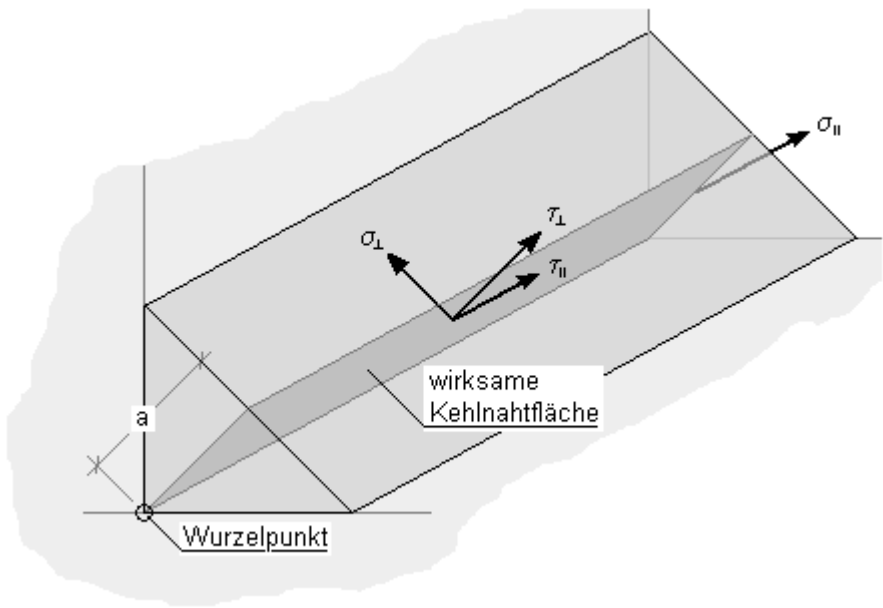
Bei hochfesten Stahlsorten darf der **Schweißzusatzwerkstoff** eine geringere Festigkeit als der Grundwerkstoff aufweisen. Es werden die Werkstoffe G42, G46, G69 und G89 vorgehalten, alternativ können die Parameter manuell vorgegeben werden.

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

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

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

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

$f_{u,FM}$

Festigkeit des Schweißzusatzwerkstoffs

$\beta_{w,mod}$

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

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad \text{... mit ...} \quad F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \quad \text{... und ...}$$

Scherfestigkeit $f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{... mit ...} \quad f_u \text{ s.o.}$

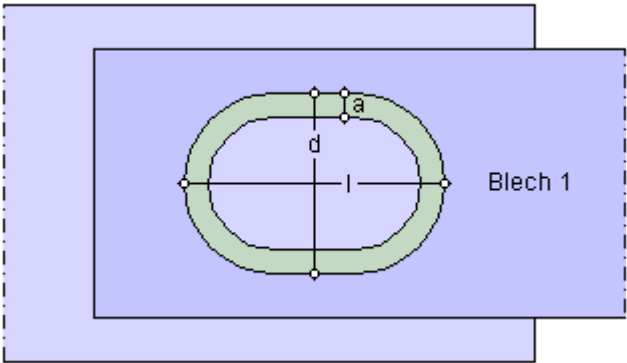
$$F_{w,Ed} = \sqrt{F_{Ed}^2(\sigma_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\perp}) + F_{Ed}^2(\tau_{\parallel})}$$

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

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

Schlitznähte

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



Der Durchmesser d des Schlitzes darf nicht kleiner sein als die 4-fache Blechdicke (EC 3-1-8, 4.3.3(2)).
Die Tragfähigkeit einer Schlitznaht wird wie die Tragfähigkeit einer Kehlnaht berechnet (s.o.).

Stumpfnähte

☒ Stumpfnaut

☒ durchgeschweißt

☐ Schlitznaht

☐ Lochschweißung

Schweißnahtlänge

400.0

mm

wirksame Nahtdicke

a = t₂

Öffnungswinkel

φ

100

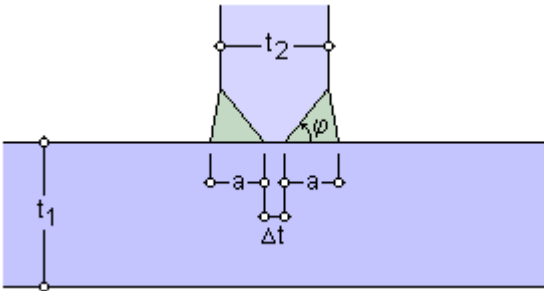
°

φ = 0°: geschweißter Stoß

☒ Schweißzusatzwerkstoff bei hochfesten Blechen

G89

Vorgabe



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

Eine durchgeschweißte Stumpfnaut ist eine Schweißnaht mit vollständigem Einbrand und vollständiger Verschmelzung des Schweißwerkstoffs mit dem Grundmaterial über die gesamte Dicke der Verbindung EC 3-1-8, 6.3.4(1)), d.h. a = t₂ / 2 bei beidseitiger Schweißung bzw. a = t₂ bei einseitiger Schweißung.

Bei einer nicht durchgeschweißten Stumpfnaut ist die Durchschweißung daher kleiner als die volle Dicke des Grundmaterials (EC 3-1-8, 6.3.4(2)).

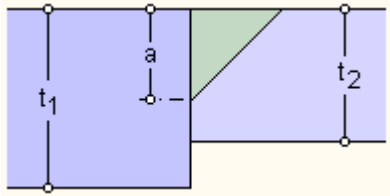
Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist bei nicht hochfesten Blechen mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen, während die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten wie für Kehlnähte zu ermitteln ist (EC 3-1-8, 6.7.1).

Bei hochfesten Blechen sollte die Bedingung erfüllt sein

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

Bei einem Öffnungswinkel von 0° wird ein Stoß verschweißt.

Die maximale Schweißnahtdicke ist auf die Dicke des dünnsten Anschluss-blechs beschränkt.



Lochschweißung

☒ Lochschweißung

Lochdurchmesser

d

48.0

mm

Lochlänge

l

70.0

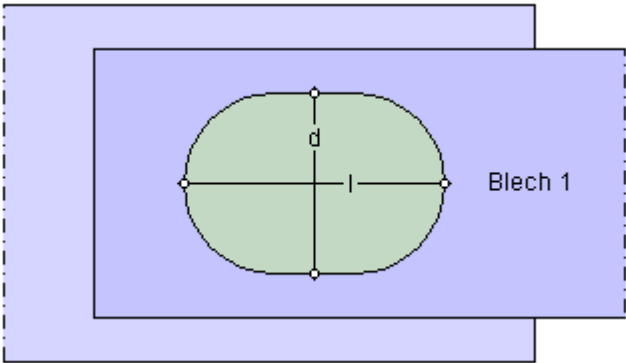
mm

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 Lochs 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, 6.3.5(4))

a = t₁ für ... t₁ ≤ 16 mm

a = max ($\frac{t_1}{2}$, 16 mm) für ... t₁ > 16 mm

Die Tragfähigkeit einer Lochschweißung ergibt sich zu

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

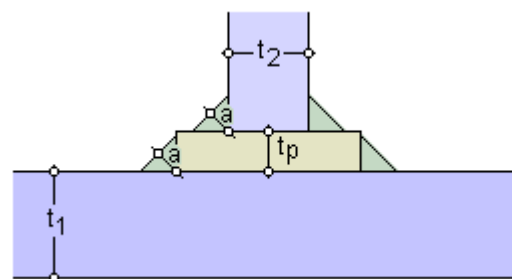
Anordnung von Futterblechen bei Kehl-, Schlitz- und Lochnähten

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

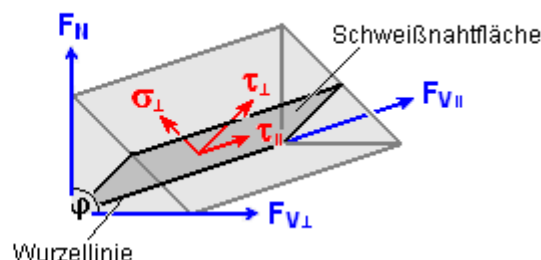
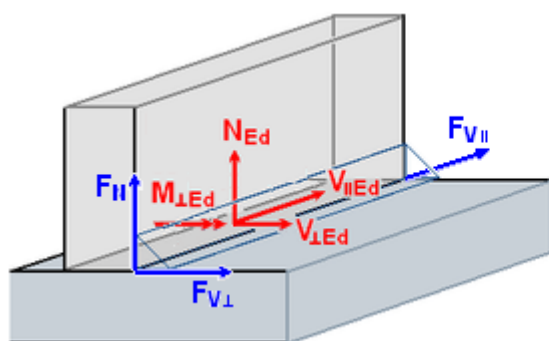
Es gilt

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

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



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 Kehl- 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

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

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

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

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

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

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

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

aus exzentrischer Belastung bei einseitiger Schweißnaht

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

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

Bemessungswert der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden resultierenden Kraft

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

Bemessungswerte der auf die wirksame Nahtfläche einwirkenden Spannungen

$$\sigma_{\perp} = F_{Ed}(\sigma_{\perp}) / a \dots \tau_{\perp} = F_{Ed}(\tau_{\perp}) / a \dots \tau_{||} = F_{Ed}(\tau_{||}) / a$$

äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung

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

Nachweis eines T-Stummels unter Zugbeanspruchung:

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

T-Stummelflansch (Stützenflansch)
 Blechdicke t_f : 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: Schraubenreihe einzeln
2 Schrauben je Reihe
☒ innere Schraubenreihe
☐ äußere Schraubenreihe
 Schraubenabstand zum Flanschrand der Stütze e : mm
 Schraubenabstand zum Steg der Stütze m : mm
 Schraubenabstand (Endreihe) zum freien Ende des Stützenflanschs e_1 : mm
 $e_1 = 0$: kein freies Ende vorhanden
 Verfahren: = 1: standard

Belastung
 Bemessungswert der Zugkraft je Schraube $F_{t,Ed}$: kN
 maximale Ausnutzung U_{max} : XXXXXX

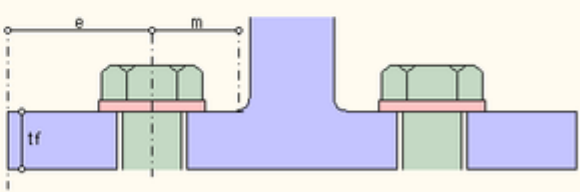



Bild vergrößern 



Das Modell eines äquivalenten T-Stummels mit Zugbeanspruchung (s. EC 3-1-8, 8.3) dient zur Ermittlung der Tragfähigkeiten folgender geschraubter Grundkomponenten

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

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

Als Verbindungsmittel sind lediglich **Schrauben** zugelassen; die **Anschlussbleche** werden hier nicht bemessen.

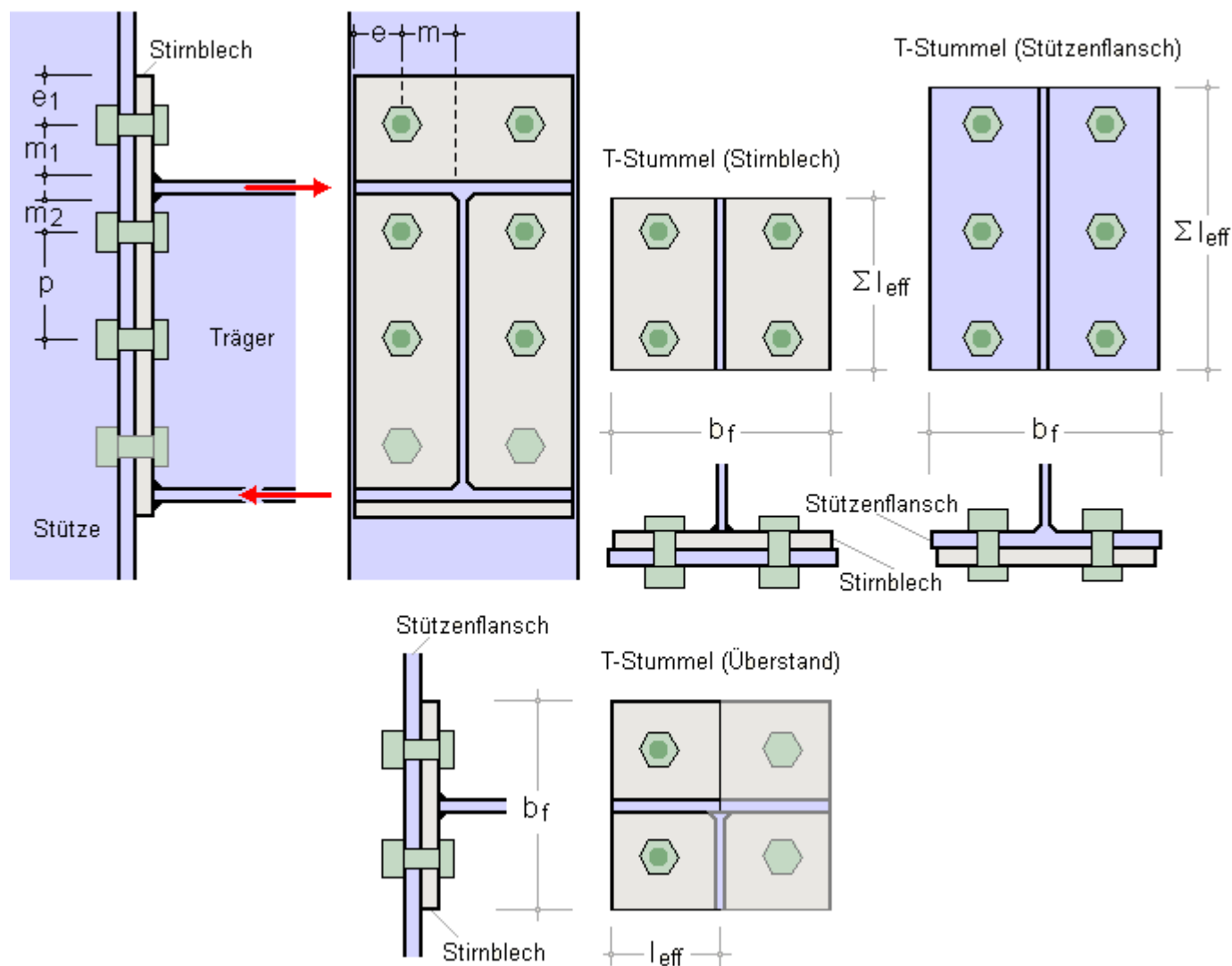
T-Stummel sind Schraubverbindungen zur Übertragung von Zugkräften aus dem T-Stummelsteg über den T-Stummelflansch und einer beliebigen Anzahl von Schraubenreihen (zwei Schrauben je Reihe, symmetrisch jeweils links und rechts vom Steg angeordnet) in das Anschlussblech.

Eine Erweiterung auf **vier Schrauben** je Schraubenreihe wurde für typisierte IH2- und IH4-Anschlüsse umgesetzt.

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 davon 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-Stummels.

Wesentliche Parameter sind

- Abstand e der Schraube vom Flanschrand
- Abstand m der Schraube vom Steganschnitt

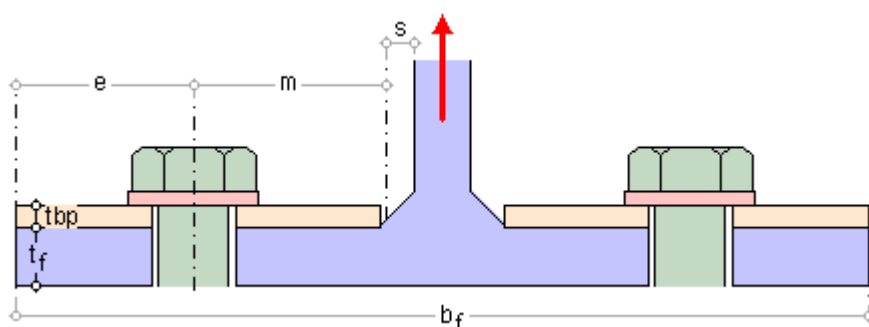
Der Steganschnitt befindet sich im Abstand

$s = 0.8 \cdot a \cdot \sqrt{2}$ (geschweißter T-Stummel a = Schweißnahtdicke) bzw.

$s = 0.8 \cdot r$ (gewalzter T-Stummel r = Ausrundungsradius)

vom Steg.

- Dicke t_f und Breite b_f des T-Stummelflansches
- Dicke t_{bp} der Flanschverstärkung (Futterblech)



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

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

Das Fließen des Flansches ist abhängig von der wirksamen T-Stummellänge Σl_{eff} , die u.U. für Modus 1 und 2 unterschiedlich ist (Modus 3 ist unabhängig von der wirksamen T-Stummellänge).

Die wirksame T-Stummellänge kann entweder vom Programm berechnet oder direkt eingegeben werden.

Obwohl die Kräfte in jeder Schraubenreihe gleich groß angenommen werden, ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kräfte in den verschiedenen Schraubenreihen auftreten können.

Daher sind u.U. einzelne Schraubenreihen oder Gruppen von Schraubenreihen zu untersuchen.

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

☒ Tragfähigkeit des Stützenflanschs

☒ eine Schraubenreihe neben einer Steife

☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen

☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil

Anzahl der Schraubenreihen
2 Schrauben je Reihe

n_b

> 1: Schraubengruppe

☒ l_{eff} für: Schraubenreihe einzeln betrachtet

Schraubenabstand
zum Flanschrand der Stütze

e

mm

Schraubenabstand
zum Steg der Stütze

m

mm

Schraubenabstand
zur nächsten Stegsteife

m_2

mm

Schraubenabstand (Endreihe)
zum freien Ende des Stützenflanschs
 $e_1 = 0$: kein freies Ende vorhanden

e_1

mm

Schraubenabstand
zwischen den Reihen

p

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 , e_1 und ggf. p anzugeben.

Befindet sich eine Schraubenreihe neben einer Steife, wird außerdem m_2 abgefragt.

Wird nur eine Schraubenreihe betrachtet, gilt

- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

Der Beiwert α 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))

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

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**

☒ Tragfähigkeit des Stirnblechs - zwischen den Trägerflanschen

☒ Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

☐ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil

Anzahl der Schraubenreihen

1

= 1: Schraubenreihe einzeln

☒ innere Schraubenreihe

☐ äußere Schraubenreihe

Anzahl Schrauben je Reihe

2

Schraubenabstand zum seittl. Rand des Stirnblechs

50.0

mm

Schraubenabstand zum Steg des Trägers

30.0

mm

Schraubenabstand zum Flansch des Trägers

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 analog, 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. [hier](#).

• **Stirnblech - überstehender Teil**

⊙ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
nur eine Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

☐ zusätzliche Steife im Stirnblechüberstand

☐ Berechnung als L-Stummel (reduzierter T-Stummel)

Anzahl Schrauben je Reihe ☐

Schraubenabstand zum seittl. Rand des Stirnblechs e mm

Schraubenabstand (Endreihe) zum freien Ende des Anschlussblechs e_1 mm

Schraubenabstand zum Flansch des Trägers m_1 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

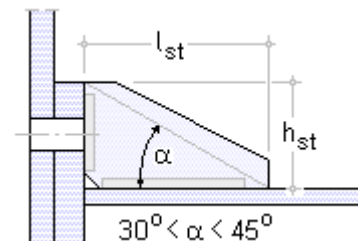
- Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

Tragfähigkeit

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

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

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

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

T-Stummel mit 4 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.

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 nur für den geschraubten Trägerstoß mit Stirnblech umgesetzt; sie gilt nicht für Träger-Stützenanschlüsse.

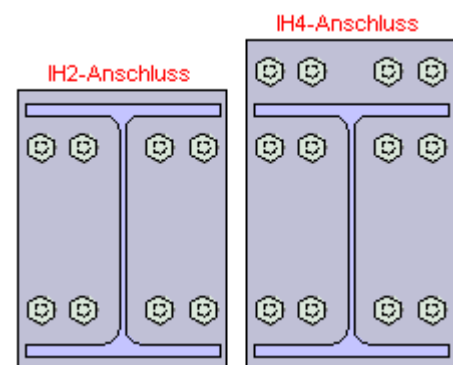


Achtung! Die Anwendung der Methode ist (gegenwärtig) nicht durch eine Norm eingeführt.

Das Verfahren wird anhand der Stirnblechverbindung erläutert.

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

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

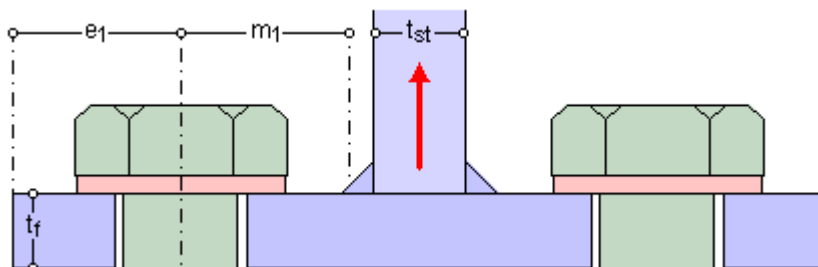


Analog zu den Anschlussgeometrien mit zwei Schrauben je Schraubenreihe werden die äquivalenten T-Stummel für vier Schrauben je Reihe gebildet.

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

Wesentliche Parameter zur Berechnung der Fließlinien bzw. der effektiven Länge des T-Stummels sind

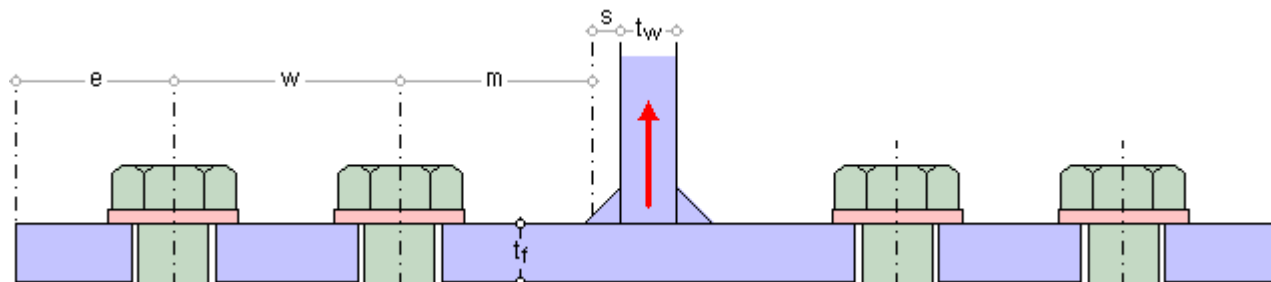
- Abstand e der äußeren Schraube vom seitlichen Flanschrand
 - Abstand w der äußeren von der inneren Schraube
 - Abstand e_1 der Schrauben (Endreihe) vom freien Flanschrand
 - Abstand m_1 der Schraubenreihe vom Anschnitt der Steife (des Trägerflanschs)
- Der Anschnitt der Steife befindet sich im Abstand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



Es werden drei Versagensmodi zur Ermittlung der Tragfähigkeit eines T-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.

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.

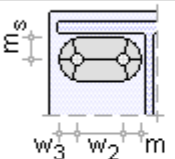
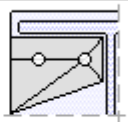
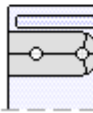
Stirnblech - zwischen den Trägerflanschen

- 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 = 1: Schraubenreihe einzeln
- ⊗ innere Schraubenreihe
 - äußere Schraubenreihe

Es wird hier nur die 'innere Schraubenreihe' neben dem Trägerzugflansch (bzw. der Zugsteife) betrachtet.
Die Berechnung unterscheidet sich je nachdem, ob es sich um einen IH2- oder IH4-Anschluss handelt.
Eine Gruppenbildung mit der unteren Schraubenreihe wird ausgeschlossen ($n_b = 1$).
Im Folgenden gilt für $w_3 = e$, $w_2 = w$, $w_1 = b_p - 2 \cdot (w + e)$, $m_s = m_2$.

Schraubenreihe einzeln betrachtet

Modus 1 $l_{eff,1} = l_{eff,nc} \leq l_{eff,cp}$... und ...
Modus 2 $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$... mit ...
 $l_{eff,cp} = \min(l_{eff,k,i})$
 $l_{eff,nc} = l_{eff,m1}$

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

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

$$l_{eff,m1} = \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{m + 2 \cdot w_2 + 2 \cdot w_3}{m_s} + \frac{m_s}{m} + \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} + \frac{m + 2 \cdot w_2 + 2 \cdot w_3}{m} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin^2 \beta} + \frac{\sqrt{m_s^2 + m^2}}{m \cdot \sin \gamma} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta} \right)$$
$$\sin \beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{(m + w_2 + w_3) \cdot (3 \cdot m + 4 \cdot w_2 + 4 \cdot w_3)}}{m + m_i + n}$$
$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{(m + w_2 + w_3) \cdot (3 \cdot m + 4 \cdot w_2 + 4 \cdot w_3)}}{m + w_2 + w_3} \cdot \sqrt{\frac{m}{m + w_2 + w_3}}$$
$$\sin \gamma = \sin \left(\arctan \left(\frac{m_s}{m} \right) \right)$$

• **Stirnblech - überstehender Teil**

⊙ Tragfähigkeit des Stirnblechs - überstehender Teil
nur eine Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

☐ zusätzliche Steife im Stirnblechüberstand

☐ Berechnung als L-Stummel (reduzierter T-Stummel)

Anzahl Schrauben je Reihe

2

Schraubenabstand
zum seitl. Rand des Stirnblechs

e

50.0

mm

Schraubenabstand (Endreihe)
zum freien Ende des Anschlussblechs

e₁

60.0

mm

Schraubenabstand
zum Flansch des Trägers

m₁

40.0

mm

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

• Schraubenreihe einzeln betrachtet

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

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

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

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

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

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

$$\text{in Flanschrchtung } \delta_F = \frac{K_1 + K_2}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \quad \dots \text{ mit } \dots \quad K_i = \frac{E \cdot t_p^3}{12 \cdot l_i^3} \Rightarrow \delta_F = \frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}$$

$$\dots l_1 = l_2 = m_s \dots l_3 = w_2 \dots l_4 = m$$

$$\text{in Stegrichtung } \delta_S = \frac{K_3 + K_4}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \dots \Rightarrow \delta_S = \frac{l_3 + l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}$$

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

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

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

Im Stirnplattenüberstand braucht die effektive Fließlänge nicht reduziert zu werden.

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

• Verfahren 1

• Modus 1

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

$$\begin{aligned} \text{in Flanschrchtung } F_{T,1,F,Rd} &= \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_F}{m_s} \\ &\leq \frac{2 \cdot (M_{pl,1,Rd} + M_{pl,1,st,Rd}) \cdot \delta_F}{m_s} \quad \dots \text{ bei IH2-Anschlüssen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{in Stegrichtung } F_{T,1,S,Rd} &= \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd} \cdot \delta_S}{m} \\ \Rightarrow F_{T,1,Rd} &= F_{T,1,F,Rd} + F_{T,1,S,Rd} \end{aligned}$$

• Modus 2

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

$$\text{in Flanschrchtung } F_{T,2,F,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} \cdot \delta_F \cdot \rho_{Fa} + 2 \cdot F_{t,Rd} \cdot n_s}{m_s + n_s} \quad \dots n_s = 1.25 \cdot m_s$$

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

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

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

• Modus 3

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

• Verfahren 2 (alternativ)

• Modus 1

$$\begin{aligned}
 \text{im Überstand} \quad F_{T,1,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n_x}\right)}{m_x - \frac{(m_x + n_x) \cdot e'}{2 \cdot n_x}} \quad \dots n_x = 1.25 \cdot m_x \leq e_x \quad \dots e' = \frac{d_0}{4} + \frac{d_s + d_e}{8} \\
 \text{in Flanschrichtung} \quad F_{T,1,F,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n_s}\right) \cdot \delta_F}{m_s - \frac{(m_s + n_s) \cdot e'}{2 \cdot n_s}} \quad \dots n_s = 1.25 \cdot m_s \\
 \text{in Stegrichtung} \quad F_{T,1,S,Rd} &= \frac{M_{pl,1,Rd} \cdot \left(4 - \frac{e'}{n}\right) \cdot \delta_S}{m - \frac{(m + n) \cdot e'}{2 \cdot n}} \quad \dots n = 1.25 \cdot m \\
 &\Rightarrow F_{T,1,Rd} = F_{T,1,F,Rd} + F_{T,1,S,Rd}
 \end{aligned}$$

- **Modi 2 und 3** s. Verfahren 1

Die Bemessungswerte der plastischen Momente in beiden Verfahren sind

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

Die Tragfähigkeit ergibt sich damit zu

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

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

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

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) nicht durch eine 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

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

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

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

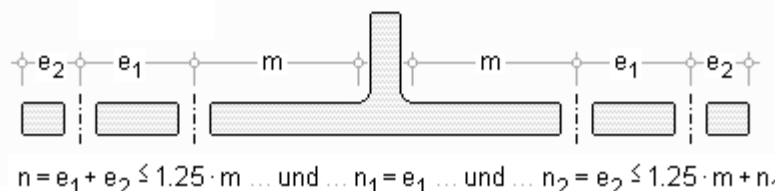
$$F_{Rd,2,np} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + \frac{\sum B_{t,Rd}}{2} \cdot n_1}{m + n_1} \quad \dots\dots\dots \text{Abstützkräfte nicht vorhanden}$$

... 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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 äußeren Schrauben zu 80% ausgenutzt sind.

Die Tragfähigkeit der inneren Schraubenreihe ergibt sich zu

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

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

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

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

Ist Modus 3 (Schraubenversagen) maßgebend (d.h. $\min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = F_{T,3,Rd}$), muss auch die Nebenbedingung $F_{T,3,Rd} \leq F_{T,4,Rd}$ eingehalten werden.

äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung

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

Nachweis eines T-Stummels unter Druckbeanspruchung:

Fußplatte

Blechdicke	t_p	20.0 mm
Blecbreite	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
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_{max}	0.056 ≤ 1 ok

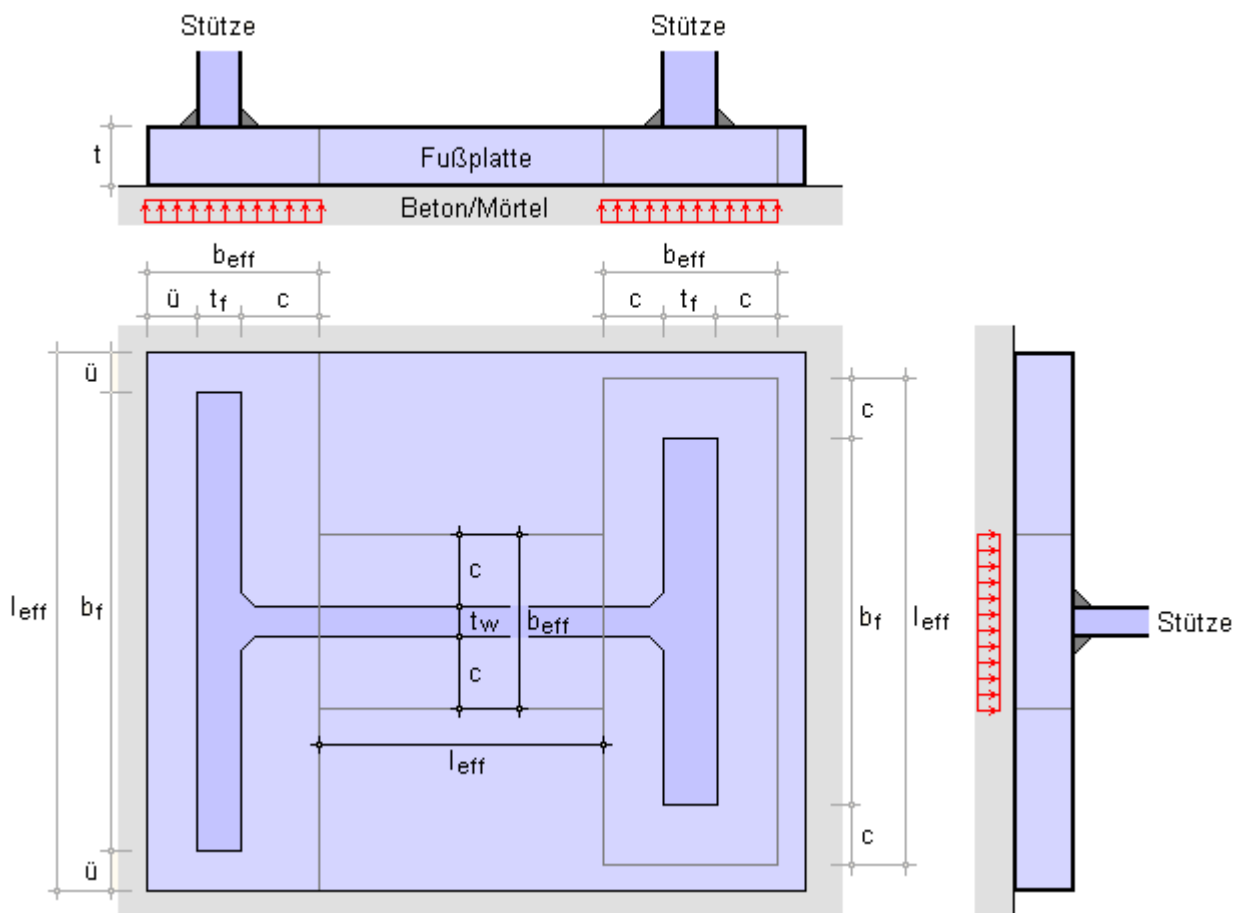
Das Modell des äquivalenten T-Stummels mit Druckbeanspruchung dient zur Bemessung
- einer Fußplatte mit Biegung aufgrund der Lagerpressung
- von Beton und/oder Mörtelfüllung unter der Lagerpressung

Bild vergrößern



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** 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. Grundkomponente des Anschlusses und des äquivalenten T-Stummels gleich groß sind.

Anschlussbeiwert	β_j	<input type="text" value="0.6667"/>	
Lastausbreitungsfaktor	A_{c1}/A_{c0}	<input type="text" value="0.000"/>	= 0: wird berechnet
Betongüte		<input type="text" value="C20/25"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Vorgabe
zusätzliches Ausbreitungsmaß	c_1	<input type="text" value="40.0"/>	mm
	c_2	<input type="text" value="0.0"/>	mm = 0: wird berechnet

Im Programm sind die Nachweisparameter 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 \ddot{u} 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.

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))

$$c_{\max} = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} \quad \dots \text{mit} \dots$$

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 ... $A_{c0} = b_{eff} \cdot l_{eff}$

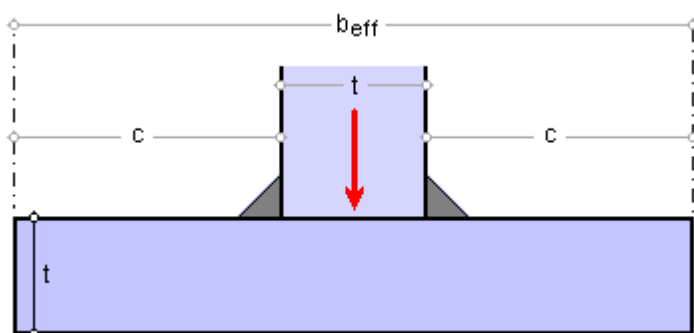
Bemessungswert der Beton-/Mörteldruckfestigkeit $f_{cd} = \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$... mit ... $\gamma_c = 1.5$

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.



Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit eines T-Stummelflansches unter Druck wird bestimmt mit

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

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®-Schreibtischs heraus aufgerufen. Einen direkten Zugang zu diesem Werkzeug liefert die kleine Schaltfläche hinter dem **Schraubenziehersymbol**.

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	
	Stahlsorte		<input type="text" value="S 235"/>	<input type="checkbox"/>	Vorgabe
Blech 2:	Blechdicke	t	<input type="text" value="20.0"/>	mm	<input type="checkbox"/> ohne Nachweis
	Stahlsorte		<input type="text" value="S 275"/>	<input type="checkbox"/>	Vorgabe
<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** 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	
	Stahlsorte		<input type="text" value="S235"/>	<input type="checkbox"/>	Vorgabe
	Kennung		<input type="text"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Mörtelschicht Dicke	t _m	<input type="text" value="15.0"/>	mm	
Fundament:	Blechdicke	t _f	<input type="text" value="300.0"/>	mm	
Betongüte			<input type="text" value="C20/25"/>	<input type="checkbox"/>	Vorgabe

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

Stahlsorten

In **pcae**-Programmen werden folgende typisierte Stahlsorten vorgehalten (s. EC 3-1-1, 5.2.1, Tab.5.1 und 5.2)

- 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 Bezeichnung der Stahlsorte steht ein Text-Eingabefeld zur Verfügung.

☒ Vorgabe

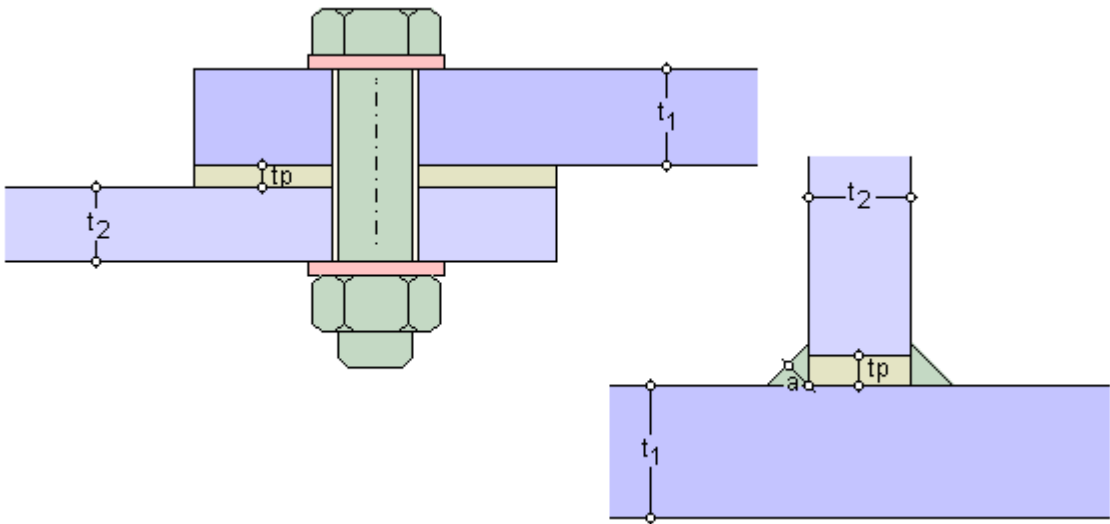
Kennung	S235JR gemäß EN 10025-2		
char. Streckgrenze	$f_{y,40}$	235.0	N/mm ²
char. Zugfestigkeit	$f_{u,40}$	360.0	N/mm ²
	für Blechdicke max t ≤ 40 mm		
char. Streckgrenze	$f_{y,80}$	215.0	N/mm ²
char. Zugfestigkeit	$f_{u,80}$	360.0	N/mm ²
	für Blechdicke 40 mm < max t ≤ 80 mm		
char. Streckgrenze	$f_{y,\infty}$	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	

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.

Ausdrucksteuerung

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

Eingabeprotokoll

Vorbemerkungen

(3 Zeilen)

☑ fotorealistische Darstellung

nur 4H-EC3GT, HK

☑ Grafik im Maßstab 1:

5.0

☑ Eingabeparameter

☑ Materialsicherheitsbeiwerte

☐ zusätzliche Informationen

☐ Parameter des nationalen Anhangs

☑ Vorschriften

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 Verbindungsmittel sowie der Stahlgüten aus; bei Aktivierung der **zusätzlichen Informationen** werden zudem die Rechenparameter ausgegeben.

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

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

Ergebnisse

☐ ausführlich

☒ standard

☐ minimal

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

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

☒ tabellarisch

☐ maßgebende Lastkombination detailliert

☒ Lastkombination detailliert: Nr.

☐ keine detaillierte Ausgabe

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

Optional kann die **maßgebende Lastkombination**, das 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.

☒ maßgebende Lastkombination / Kerbpunkt **nur 4H-EC3SK**

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

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

☒ optimierte Tabelle (FEM-Ergebnisse) **nur 4H-EC3FS, FK, QN**

☒ Bemessungsgrößen **nur 4H-EC3BT - Familie
4H-EC3GT - Familie**

☒ Zwischenergebnisse

☒ Erläuterungsskizzen

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

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

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

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

☐ Abschnittsnummerierung unterdrücken

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

Toleranz im Endergebnis %

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

zur Hauptseite [4H-EC3BV](#), Basisverbindungen



© [pcae](#) GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail dte@pcae.de