

4H-EC3LS Laschenstoß

Detailinformationen

Seite überarbeitet Februar 2024

Kontakt



Programmübersicht



Bestelltext



Infos auf dieser Seite

... als pdf



- Eingabeoberfläche

Material / Träger / Berechnung

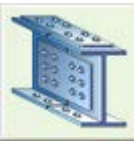
Anschlussparameter
- Schnittgrößen

Ergebnisübersicht

Nachweis Laschenstoß
- Lastaufteilung

Querschnittsnachweis

Eingabeoberfläche



EC 3 Laschenstoß

Das Programm 4H-EC3LS, Laschenstoß, weist einen Laschenanschluss für typisierte Doppel-T-Profile oder Flachstähe unter einachsiger Beanspruchung nach Eurocode 3 nach.

4H-EC3 - Laschenstoß [Position 19: Laschenstoß]

Materialisicherheitsbeiwerte ☒ genormte Werte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten γ_{M0} 1.00

Beanspruchbarkeit von Verbindungsmitteln γ_{M2} 1.25

☒ einheitliche Stahlorte
Stahlsorte S235 ☐ Vorgabe

☒ einheitliche Schraubensorte
Schraubengröße M16 ☐ Vorgabe
Festigkeitsklasse 10.9 ☐ Vorgabe
☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
☐ Passschraube PK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube planmäßig vorgespannt

Träger links
☒ Profil aus Profilmanager
☐ parametrisiertes Stahlprofil
Profilname HE280A

Träger rechts ☒ = Träger links

Daten exportieren (copy)

Daten importieren (paste)

Nachweis der Laschenverbindung

☒ Schraubenabstände überprüfen
Lastaufteilung über die ☐ Profilsteifigkeiten ☒ Laschensteifigkeiten

☐ Querschnittstragfähigkeit

Bild vergrößern

Mit dem Programm Laschenstoß kann eine biegesteife Laschenverbindung nachgewiesen werden. Die zugehörigen Verbindungsparameter werden in eigenen Registerblättern verwaltet, die über folgende Symbole die dahinter liegende Parameterauswahl kenntlich machen.

Materialparameter, Trägerprofil, Berechnungsoptionen

Im ersten Registerblatt werden Materialparameter, Trägerprofile und Berechnungsoptionen ausgewählt.



Die Verbindung wird zur visuellen Kontrolle maßstäblich am Bildschirm dargestellt.



Anschlussparameter

Im zweiten Registerblatt werden die Anschlussparameter ausgewählt.

Die Verbindung wird zur visuellen Kontrolle maßstäblich am Bildschirm dargestellt.



Bemessungsschnittgrößen

Die Schnittgrößen werden im dritten Registerblatt festgelegt und können entweder 'per Hand' eingegeben oder aus einem **pcae**-Programm importiert werden.

Um Schnittgrößen importieren zu können, muss das entsprechende **4H**-Programm in der exportfähigen Version installiert sein.

Die Schnittgrößen beziehen sich auf den Profilschwerpunkt und das Koordinatensystem der Statik (x-y-z bzw. l-m-n).



Ergebnisübersicht

Im dritten Registerblatt werden die Ergebnisse (Ausnutzung) lastfallweise im Überblick dargestellt.



nationaler Anhang

Weiterhin ist zur vollständigen Beschreibung der Berechnungsparameter der dem Eurocode zuzuordnende nationale Anhang zu wählen.

Über den **NA-Button** wird das entsprechende Eigenschaftsblatt aufgerufen.



Ausdrucksteuerung

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



Druckliste einsehen

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



Ausdruck

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



Planbearbeitung

Über den **Pläne**-Button wird das **pcae**-Programm zur Planbearbeitung aufgerufen.

Der aktuelle Anschluss wird im **pcae**-Planerstellungsmodule dargestellt, kann dort weiterbearbeitet, geplottet oder im DXF-Format exportiert werden.



Onlinehilfe

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



Eingabe beenden

Das Programm kann mit oder ohne Datensicherung verlassen werden.

Bei Speichern der Daten wird die Druckliste aktualisiert und in das globale Druckdokument eingefügt.

Materialparameter, Trägerprofil, Berechnungsoptionen

Register 1 enthält Angaben zu Materialparametern, Berechnungsoptionen und zu den Trägerprofilen



4H-EC3 - Laschenstoß [Position 19: Laschenstoß]

Materialsicherheitsbeiwerte (☒ genommene Werte)

Beanspruchbarkeit von Querschnitten γ_{M0} 1.00

Beanspruchbarkeit von Verbindungsmitteln γ_{M2} 1.25

☒ einheitliche Stahlorte
Stahlorte S235 ☐ Vorgabe

☒ einheitliche Schraubensorte
Schraubengröße M16 ☐ Vorgabe
Festigkeitsklasse 10.9 ☐ Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite ☒ große Schlüsselweite
FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube planmäßig vorgespannt

☐ Passschraube

Nachweis der Laschenverbindung

☒ Schraubenabstände überprüfen
Lastaufteilung über die ☐ Profilsteifigkeiten ☒ Laschensteifigkeiten

☐ Querschnittstragfähigkeit

Träger links

☒ Profil aus Profilmanager ☐ parametrisiertes Stahlprofil

Profilname HE280A

Träger rechts ☒ = Träger links

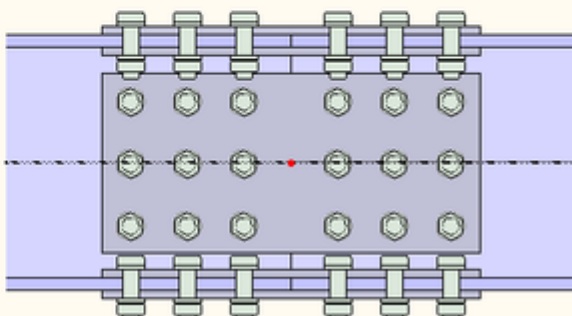





Bild vergrößern 

Allgemeines

Das Programm 4H-EC3LS berechnet Trägerstöße von Doppel-T-Profilen oder Flachstählen, die mittels Laschen an Flanschen und/oder Steg biegesteif verbunden sind.

Die Eingabedaten können über die Copy-Paste-Funktion von einem Bauteil in ein anderes derselben Programmfamilie (4H-EC3LS) übertragen werden.

 Daten exportieren (copy)

 Daten importieren (paste)

Dazu ist der aktuelle Datenzustand über den Button **Daten exportieren** in die Zwischenablage zu kopieren.

Diese Daten können anschließend über den Button **Daten importieren** aus der Zwischenablage in das aktuell geöffnete Bauteil desselben Typs übernommen werden.

Material

Grundsätzlich kann jedem Verbindungselement ein eigenes Material und ein eigenes Verbindungsmittel zugeordnet werden.

Der Übersichtlichkeit halber kann an dieser Stelle eine einheitliche Stahlgüte für Profile und Bleche gewählt werden.

☒ **einheitliche Stahlorte**
Stahlorte S235 ☐ Vorgabe

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

Ebenso können einheitliche Schraubengröße und -güte für den Anschluss der Laschen an die Träger gewählt werden.

☒ einheitliche Schraubensorte

Schraubengröße

M16

Festigkeitsklasse

10.9

☐ normale Schlüsselweite

☒ große Schlüsselweite

☐ Passschraube

Vorgabe

Vorgabe

FK 8.8 oder 10.9: HU-Schraube planmäßig vorgespannt

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

Träger

Der Anschluss besteht aus zwei Trägern gleichen Typs (d.h. entweder zwei Doppel-T-Profile oder zwei Flachstähle), die mittels geschraubter Laschen biegesteif miteinander verbunden sind.

Die beiden Träger können unterschiedliche Abmessungen haben bzw. unterschiedliche Profile aufweisen.

Sie können entweder über den **pcae**-eigenen Profilmanager in das Programm importiert oder als parametrisierte Stahlprofile eingegeben werden.

Um ein Profil aus dem Angebot des **Profilmanagers** zu wählen, ist der grün unterlegte Pfeil zu betätigen.

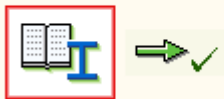
Das Programm berechnet Trägerstöße mit Doppel-T-Profilen, die als I-, H-, DIL-, S- oder W-Profile **pcae**-intern bekannt sind.

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

☒ Profil aus Profilmanager

☐ parametrisiertes Stahlprofil

I-Profil



Profilname

HE400A

Zur Definition eines **parametrisierten Stahlprofils** sind Profilhöhe, Stegdicke sowie ggf. Flanschbreiten und -dicken festzulegen.

Bei gewalzten Doppel-T-Profilen wird der Ausrundungsradius r zwischen Flansch und Steg geometrisch berücksichtigt, während geschweißte Blechprofile mit Schweißnähten der Dicke a zusammengefügt sind. Diese Schweißnähte werden **nicht** nachgewiesen.

☐ Profil aus Profilmanager

☒ parametrisiertes Stahlprofil

Profilklasse

Flachstahl

Höhe

h

300.0

mm

Dicke

t

20.0

mm

Berechnungsoptionen

Die Abstände der Schrauben untereinander und zum Rand hin können optional überprüft werden. Bei fehlerhaften Schraubenabständen erfolgt keine Berechnung.

Die Aufteilung der Belastung auf die Laschen kann entweder über die Steifigkeiten der Profilbleche oder Laschen erfolgen.

Die Querschnittstragfähigkeit der Verbindungsträger kann optional entweder plastisch oder elastisch nachgewiesen werden.

Die Berechnung wird **hier** erläutert.

Nachweis der Laschenverbindung

☒ Schraubenabstände überprüfen

Lastaufteilung über die

☒ Profilsteifigkeiten

☐ Laschensteifigkeiten

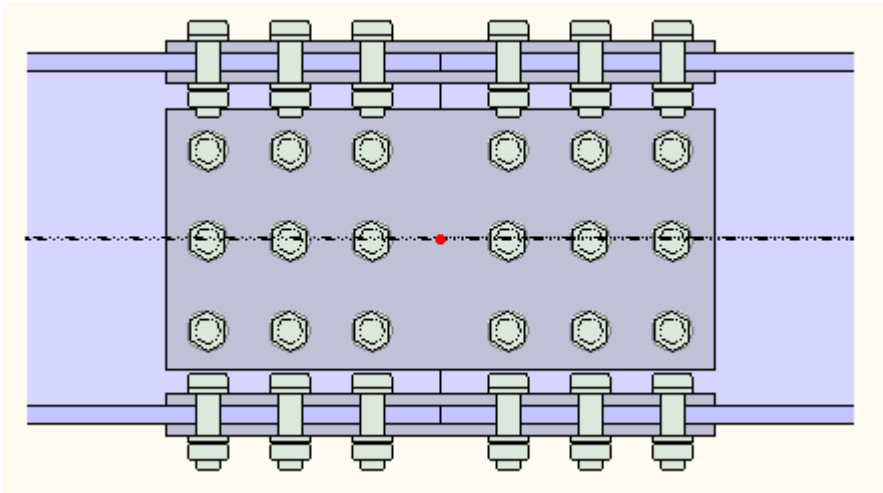
☒ Querschnittstragfähigkeit

☐ Nachweisverfahren 'Elastisch-Plastisch'

☒ Nachweisverfahren 'Elastisch-Elastisch'

Bildschirmgrafik

Am Bildschirm werden die geometrischen Daten ausgewertet und der Anschluss in einer maßstäblichen Grafik dargestellt.



Anschlussparameter



Register 2 enthält Angaben zu den Anschlussparametern sowie zur Druckausgabe

4H-EC3 - Laschenstoß [Position 19: Laschenstoß]

Spalt zwischen den Trägern s 0.0 mm

☐ Druckkraftübertragung über Kontakt

☒ Träger mittig

Versatz OK Träger links - rechts Δz 0.0 mm

Gurtlaschen oben ☒ = unten

☒ Außenlasche ☒ Innenlasche

Dicke t_{la} 8.0 mm t_{li} 8.0 mm

Breite b_{la} 260.0 mm b_{li} 100.0 mm

Länge l_{la} 400.0 mm

Schrauben links ☒ = rechts

☒ Gewinde ☐ Schaft liegt in der Scherfuge

Anzahl n_{r1} 3 n_{r2} 1

Schraubenreihen je Träger und Flanschseite

Randabstand e_1 30.0 mm e_2 50.0 mm

Zwischen- p_1 60.0 mm

Mitte w_1 100.0 mm w_2 160.0 mm

Trägerwand e_{11} 50.0 mm e_{22} 50.0 mm

Steglaschen

☒ Laschen mittig

Abstand OK Träger links - Laschen Δz_{lw} 40.0 mm

☒ Laschen beidseitig

Dicke t_{lw} 8.0 mm

Breite b_{lw} 190.0 mm

Länge l_{lw} 400.0 mm

Übergurtlasche = Untergurtlasche

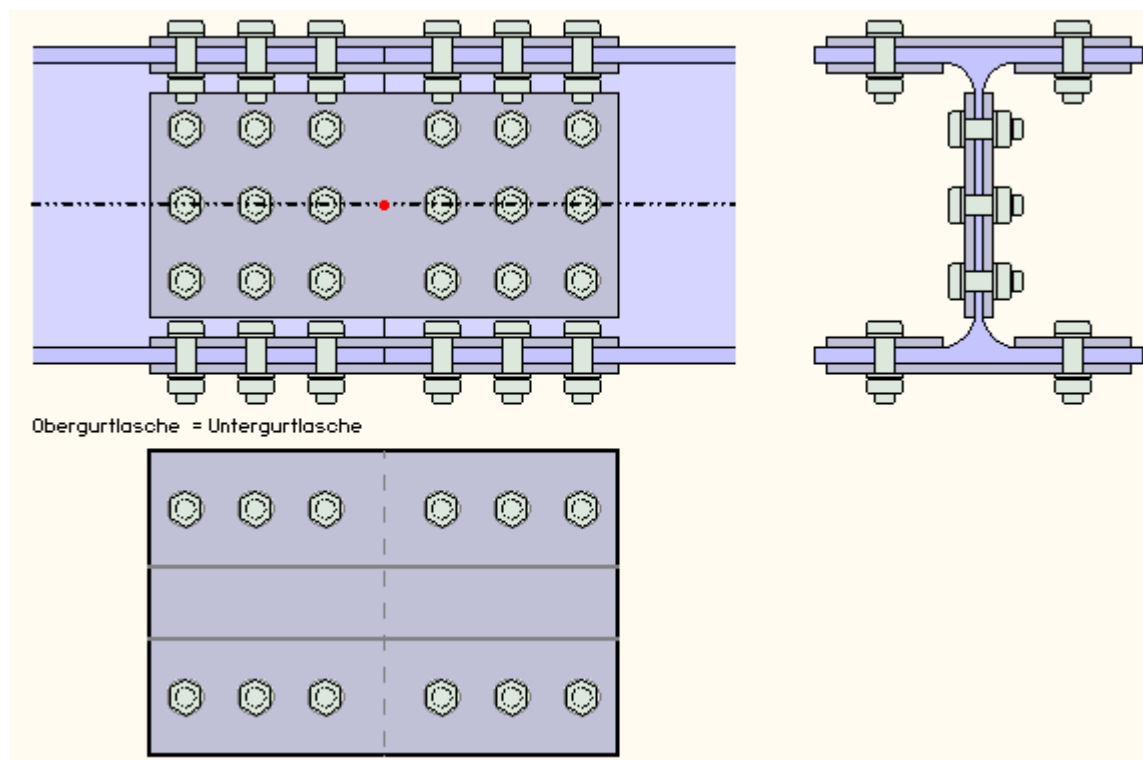
Bild vergrößern

Anschlusskonfigurationen

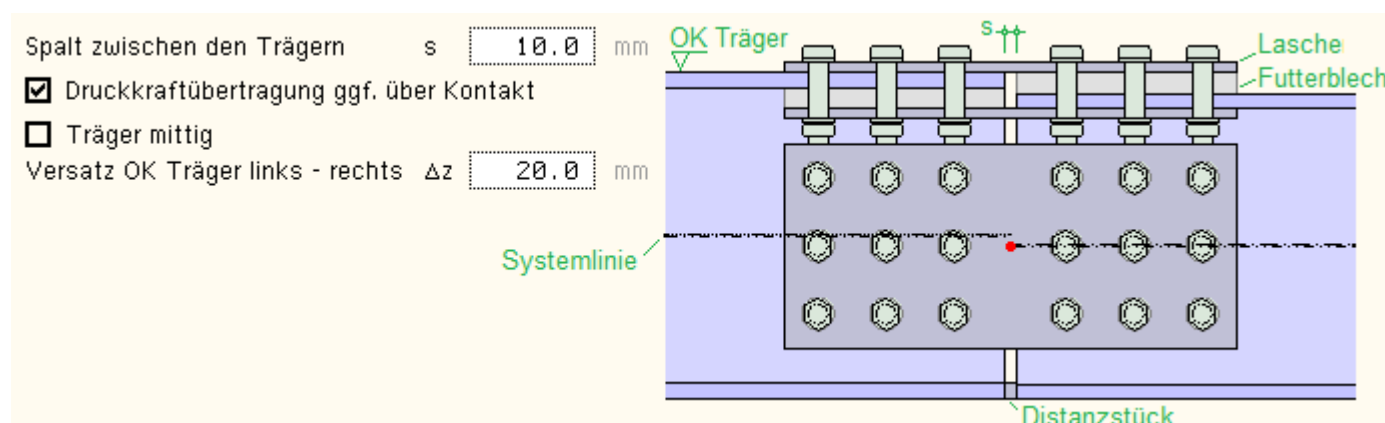
Es werden die Parameter zur Berechnung eines biegesteifen geschraubten Laschenstoßes angeboten.

Der Anschluss wird zur visuellen Kontrolle während der Eingabe am Bildschirm dargestellt; Profile, Laschen, Schrauben und Abstände werden maßstabsgetreu visualisiert.

In Detailskizzen werden die Gurtlaschen sowie ein Schnitt durch die Verbindung (rechter Träger) dargestellt.



Allgemeines



Da Trägerenden oft nicht planparallel geschnitten werden können, kann ein Spalt vorgegeben werden. Besonders bei Doppel-T-Profilen sollte dieser möglichst gering sein, um in den Obergurt- und Untergurtlaschen keine Biegung zu erzeugen. Es wird eine Spaltbreite s von maximal 20 mm zugelassen.

Bei Doppel-T-Profilen kann der Druck über Kontakt übertragen werden, wenn keine Gurtlaschen angeordnet werden. Ist ein Spalt zwischen den Trägern vorhanden, wird hierfür ein Distanzstück im Ober- und Untergurt eingesetzt.

Druck über Kontakt zu übertragen ist jedoch nur möglich, wenn die entsprechenden Flansche beider Träger einander gegenüber liegen.

Die Träger können entweder mittig, d.h. mit durchlaufender Systemlinie, oder gegeneinander versetzt miteinander verbunden werden. Dazu werden Futterstücke der entsprechenden Dicke zwischen Lasche und Trägerflansch bzw. Lasche und Trägersteg eingesetzt.

Der Versatz Δz der Oberkanten von Träger links zu Träger rechts kann positiv (OK Träger rechts liegt unterhalb von OK Träger links) oder negativ sein.

Der Versatz der Systemlinien darf 20 mm nicht übersteigen.

Gurtlaschen oben / unten

Gurtlaschen oben

☐ = unten

☒ Außenlasche

☒ Innenlasche

Dicke	t_{la}	<input type="text" value="8.0"/>	mm	t_{li}	<input type="text" value="8.0"/>	mm
Breite	b_{la}	<input type="text" value="260.0"/>	mm	b_{li}	<input type="text" value="90.0"/>	mm
Länge	l_{la}	<input type="text" value="400.0"/>	mm			
Stahlsorte		<input type="text" value="S235"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe			
Futter	t_{fla}	<input type="text" value="20.0"/>	mm	t_{fli}	<input type="text" value="19.0"/>	mm

Bei Doppel-T-Profilen können Laschen am Flansch oben oder/und unten angeordnet werden. Sind an den Flanschen Laschen gleicher Abmessungen vorgesehen, kann über den Schalter = unten die zusätzliche Eingabe der Parameter unterdrückt werden.

Optional können eine Außenlasche und zwei Innenlaschen (links und rechts des Stegs) gesetzt werden. Dicke und Breite der Laschen sind voneinander unabhängig, die Innenlaschenlänge entspricht derjenigen der Außenlasche. Außen- und Innenlasche verwenden dieselbe Stahlsorte (s. hierzu auch die Materialbeschreibung, Register 1).

Um Unterschiede in den Abmessungen auszugleichen, werden Futterbleche angeordnet. Sie werden nicht bemessen. Die Dicke der Futterbleche ergibt sich aus den geometrischen Abständen der Trägerprofile und Laschen.

Schrauben links

☒ = rechts

☒ Gewinde

☐ Schaft liegt in der Scherfuge

Schraubengröße

☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse

☐ Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite

☒ große Schlüsselweite

☐ Passschraube

FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube planmäßig vorgespannt

Anzahl

n_{r1}

n_{r2}

Schraubenreihen je Träger und Flanschseite

Randabstand

e_1

mm

e_2

mm

Zwischen-

p_1

mm

Mitte

w_1

mm

w_2

mm

Träger-
rand

e_{11}

mm

e_{22}

mm

Außenlasche

Innenlaschen

Die Schrauben können am linken und rechten Träger unterschiedliche Materialgüten, Abmessungen und Abstände aufweisen. Sind gleiche Schraubenbilder vorgesehen, kann über den Schalter = rechts die zusätzliche Eingabe der Parameter unterdrückt werden. Zur Materialbeschreibung s. Register 1.

Je Träger (links oder rechts) und Flanschhälfte sind die Anzahl Schrauben sowie die Abstände zu den Rändern und zueinander anzugeben. Die Mittenabstände w_1 , w_2 , e_{11} , e_{22} lassen sich daraus berechnen.

Die Gurtlaschen werden maßstäblich am Bildschirm dargestellt.

Steglaschen

Steglaschen

☐ Laschen mittig

Abstand OK Träger links - Laschen

Δz_{lw}

mm

☒ Laschen beidseitig

Dicke	t_{lw}	<input type="text" value="8.0"/>	mm
Breite	b_{lw}	<input type="text" value="180.0"/>	mm
Länge	l_{lw}	<input type="text" value="400.0"/>	mm
Stahlsorte		<input type="text" value="S235"/>	<input type="checkbox"/> Vorgabe
Futter	t_{flw}	<input type="text" value="0.3"/>	mm

Steglaschen werden bei Doppel-T-Profilen beidseitig des Stegs bzw. bei Flachstählen beidseitig des Blechs angeordnet.

Sie können entweder mittig zwischen den Flanschen bzw. Blechrändern (s. Button) oder in einem beliebigen Abstand Δz_{lw} von Oberkante Träger links zur Oberkante der Laschen angeordnet sein.

Dicke, Breite und Länge der Laschen sind vorzugeben.
Zur Definition der Stahlsorte s. Materialbeschreibung, [Register 1](#).

Um unterschiedliche Stegdicken der Träger auszugleichen, werden Futterbleche links und rechts zwischen Steg und Laschen angeordnet. Sie werden nicht bemessen.

Schrauben links

☒ = rechts

☒ Gewinde

☐ Schaft liegt in der Scherfuge

Schraubengröße

M16

☐ Vorgabe

Festigkeitsklasse

10.9

☐ Vorgabe

☐ normale Schlüsselweite

☒ große Schlüsselweite

☐ Passschraube

FK 8.8 oder 10.9: HV-Schraube planmäßig vorgespannt

Anzahl	n_{r1}	3	n_{r2}	3
Schraubenreihen		horizontal		vertikal
Randabstand	e_1	30.0 mm	e_2	30.0 mm
Zwischen-	p_1	60.0 mm	p_2	60.0 mm
Mitte	w_1	100.0 mm		
Trägersrand	e_{11}	45.0 mm	e_{22}	30.0 mm

☒ Schrauben gleichmäßig

Die Schrauben können am linken und rechten Träger unterschiedliche Materialgüten, Abmessungen und Abstände aufweisen. Sind gleiche Schraubenbilder vorgesehen, kann über den Schalter **= rechts** die zusätzliche Eingabe der Parameter unterdrückt werden. Zur Materialbeschreibung s. [Register 1](#).

Je Träger (links oder rechts) sind die Anzahl Schrauben sowie die Abstände zu den Rändern und zueinander anzugeben. Die Mittenabstände w_1 , e_{11} , e_{22} lassen sich daraus berechnen.

Für ein gleichmäßiges Schraubenbild werden die Zwischenabstände p_1 und p_2 vom Programm belegt, wenn der Aktionsbutton 'Schrauben gleichmäßig' betätigt wird.

Die Steglaschen sind in der Ansichtsskizze maßstäblich am Bildschirm dargestellt.

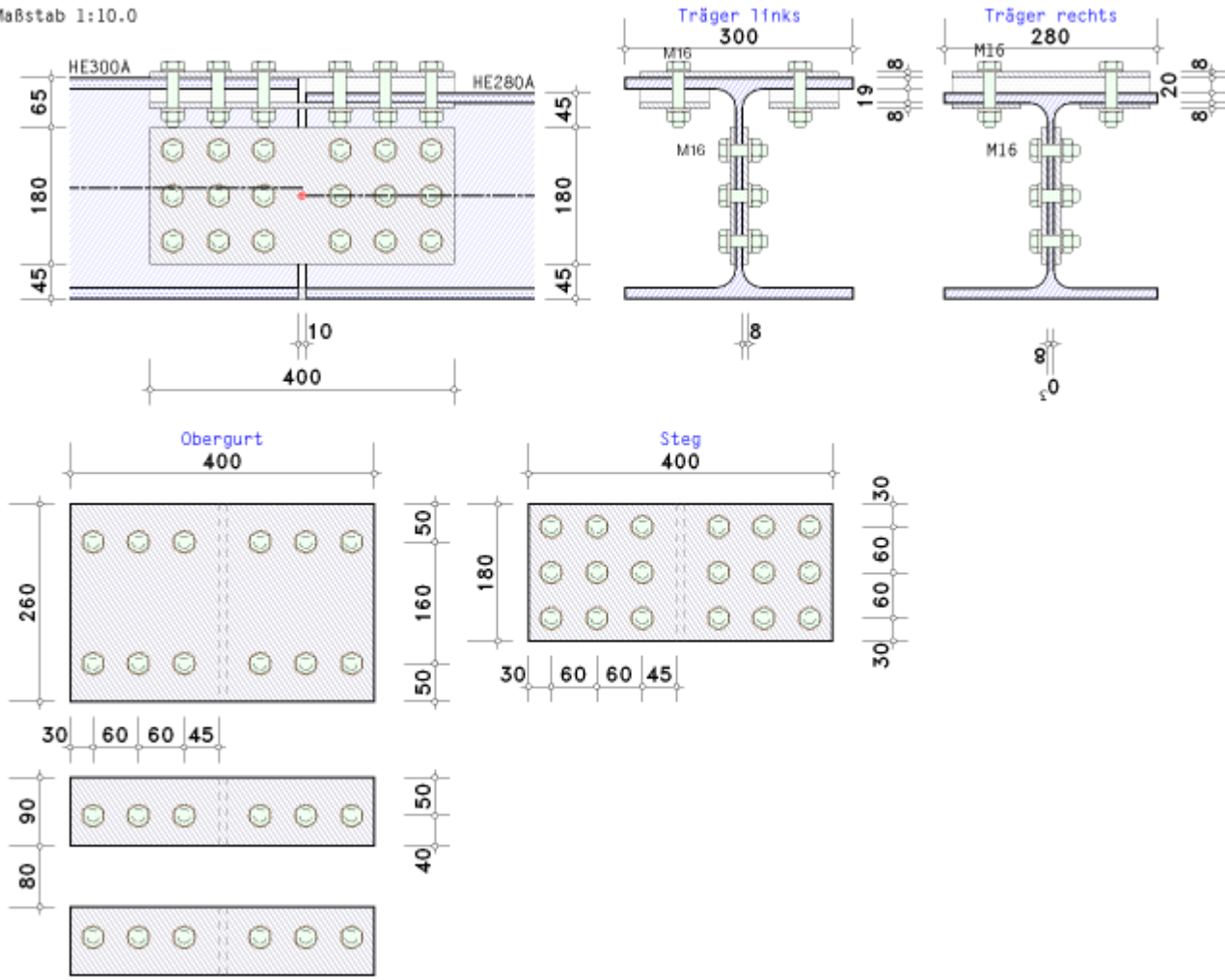
Druckausgabe

Die Druckausgabe kann durch die [Ausdrucksteuerung](#) beeinflusst werden.

Eingabeparameter

Im Statikdokument wird zunächst eine maßstäbliche Darstellung der eingegebenen Verbindung angelegt.
Die wesentlichen Abmessungen werden vermaßt. Ggf. werden Detailausschnitte hinzugefügt.
Ist der Maßstab vom Anwender vorgegeben, wird er in der Grafik protokolliert.

Maßstab 1:10.0



Anschließend werden die Eingabeparameter ausgegeben.
Optional können zusätzliche Informationen (z.B. die hinterlegten Rechenkennwerte der Profile, Stahlgüten, Verbindungsmittel etc.) hinzugefügt werden.
Die zu bemessenden Schnittgrößen (s.a. [Register 3](#)) werden lastfallweise ausgegeben. Nach Bedarf werden nun die der Bemessung zu Grunde liegenden Teilsicherheitsbeiwerte angefügt.

Berechnung

Optional werden zunächst die Schraubenabstände an Flanschen und Steg überprüft. Tritt ein Fehler auf, wird die Berechnung mit einer entsprechenden Meldung abgebrochen.
Danach erfolgt lastfallweise der [Nachweis](#) der Verbindung.
Abschließend kann optional ein [Querschnittsnachweis](#) für die Trägerprofile geführt werden.

Ergebnis

Nach erfolgter Berechnung wird das Endergebnis - die maximale Ausnutzung - aus allen Schnittgrößenkombinationen protokolliert.

Maximale Ausnutzung [Lk 10]: max U = 0.780 < 1 **ok.**

Nachweis erbracht

Schnittgrößen



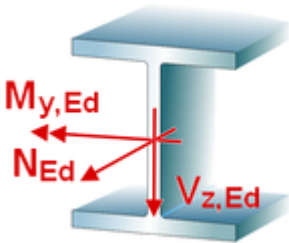
das dritte Register beinhaltet die Masken zur Eingabe der Bemessungsschnittgrößen

Die Schnittgrößen wirken in der Stoßebene der Verbindung und beziehen sich auf die

Systemachse des rechtsseitigen Trägers.

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

Es können bis zu 10.000 Schnittgrößenkombinationen eingegeben werden.



	$N_{j,b,Ed}$ kN	$M_{j,b,Ed}$ kNm	$V_{j,b,Ed}$ kN	Bezeichnung	Zeile löschen	Zeile duplizieren	neue Zeile anhängen
1:	-43.66	-6.59	-1.61				

Schnittgrößen importieren

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

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

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

Schnittgrößen aus Programm importieren

Schnittgrößen aus Text-Datei einlesen

• Import aus einem 4H-Programm

Voraussetzung zur Anwendung des DTE[®]-Import-Werkzeugs ist, dass sich ein **pcae**-Programm auf dem Rechner befindet, das Ergebnisdaten exportieren kann.
Eine ausführliche Beschreibung zum Schnittgrößenimport aus einem **pcae**-Programm befindet sich [hier](#).

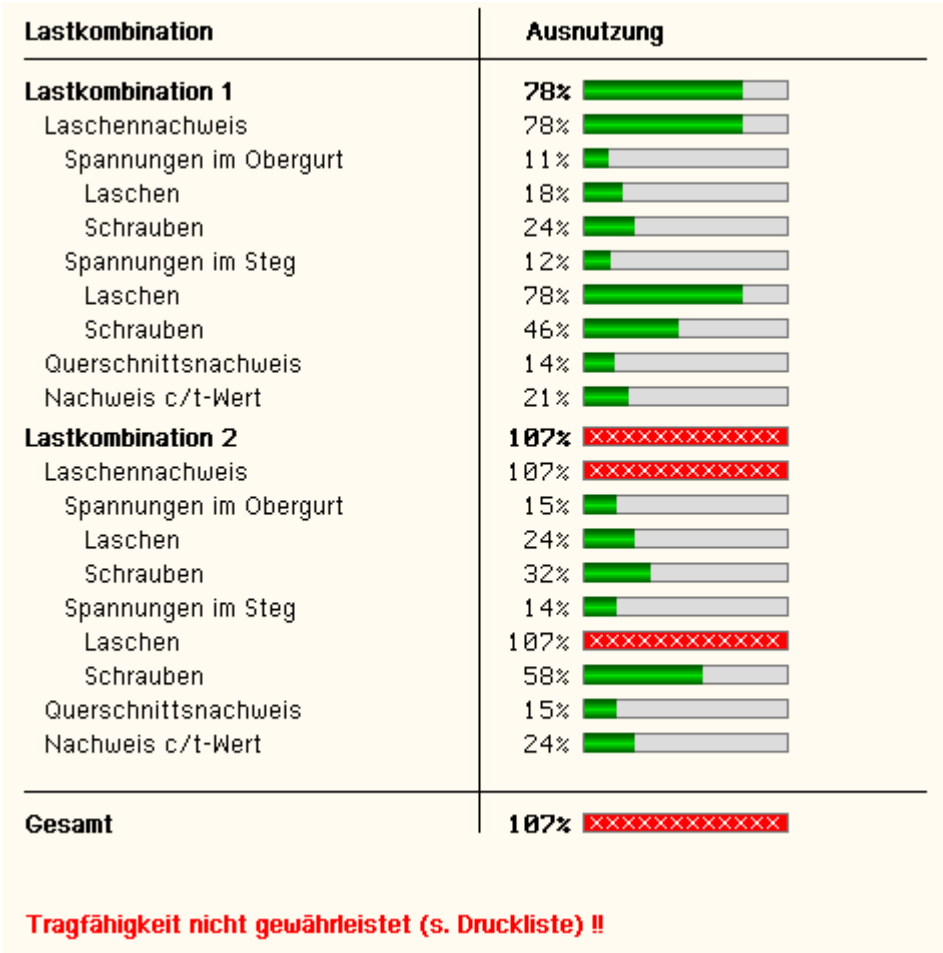
• Import aus einer Text-Datei

Die Schnittgrößenkombinationen können aus einer Text-Datei im ASCII-Format eingelesen werden.
Die Datensätze müssen in der Text-Datei in einer bestimmten Form vorliegen; der entsprechende Hinweis wird bei Betätigen des **Einlese**-Buttons gegeben.
Anschließend wird der Dateiname einschl. Pfad der entsprechenden Datei abgefragt.
Es werden sämtliche vorhandenen Datensätze eingelesen und in die Tabelle übernommen. Bereits bestehende Tabellenzeilen bleiben erhalten.
Wenn keine Daten gelesen werden können, erfolgt eine entsprechende Meldung am Bildschirm.

Ergebnisübersicht



das vierte Register gibt einen Überblick über die ermittelten Ergebnisse



Zur sofortigen Kontrolle und des besseren Überblicks halber werden die Ergebnisse in diesem Register lastfallweise übersichtlich zusammengestellt.

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

Zur besseren Fehleranalyse oder zur Einschätzung der Tragkomponenten werden bei weniger als drei Lastkombinationen zudem die Einzelberechnungsergebnisse protokolliert.

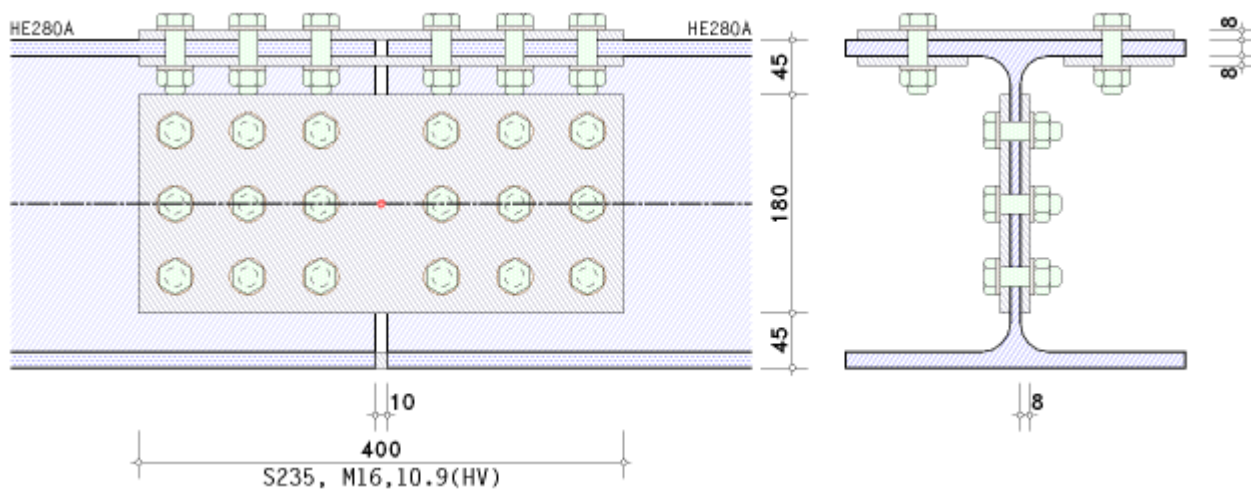
Eine Meldung zeigt an, wenn ein Fehler aufgetreten oder die Tragfähigkeit überschritten ist.

Wenn die Ursache des Fehlers nicht sofort ersichtlich ist, sollte die Druckliste in der **ausführlichen** Ergebnisdarstellung geprüft werden.

Nachweis eines Laschenstoßes nach EC 3

Das Programm 4H-EC3LS, Laschenstoß, weist einen mittels Laschen biegesteif verbundenen Trägerstoß entspr. Eurocode 3 nach.

Anhand des folgenden Beispiels wird der Berechnungsablauf erläutert.



Zwei Träger sollen mittels Laschen biegesteif gestoßen werden. Der Trägerabstand wird mit $s = 10$ mm abgeschätzt. Am Obergurt werden Außen- und Innenlaschen sowie beidseitig Steglaschen jeweils der Dicke $t = 8$ mm und Länge $l = 400$ mm angeordnet. Am Untergurt soll eine ggf. vorhandene Druckkraft über Kontakt übertragen werden. Es wird eine Lastkombination mit $N_{Ed} = 41.56$ kN, $M_{Ed} = -153,6$ kNm und $V_{Ed} = 128$ kN untersucht.

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

Abstände der Schraubenreihen am Obergurt

Randabstand:	$e_2 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 72.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 72.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 160.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 43.2 \text{ mm}$,	$p_2 = 160.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 112.0 \text{ mm} \quad !!$
Randabstand:	$e_1 = 30.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 30.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 72.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 60.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 60.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 112.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 72.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 100.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 100.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 112.0 \text{ mm}$

Maximale Rand- und Lochabstände müssen nur zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

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

Schraubenreihen am Steg analog.

Nun erfolgt die lastfallweise Berechnung des Laschenstoßes.

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

Elastische Spannungen am Nettoquerschnitt

$N_{Ed} = 41.56$ kN, $M_{y,Ed} = -153.60$ kNm

Querschnittswerte: $A = 88.27 \text{ cm}^2$, $z_s = 141.8 \text{ mm}$, $I_y = 12754.20 \text{ cm}^4$, $y_s = -140.0 \text{ mm}$, $I_z = 4382.07 \text{ cm}^4$

Spannungen in den Querschnittspunkten

Pkt. 1:	$y = 0.0 \text{ mm}$	$z = 37.0 \text{ mm}$	$\sigma_x = 131.17 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 2:	$y = 0.0 \text{ mm}$	$z = 233.0 \text{ mm}$	$\sigma_x = -105.31 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 3:	$y = 140.0 \text{ mm}$	$z = 6.5 \text{ mm}$	$\sigma_x = 167.97 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 4:	$y = -140.0 \text{ mm}$	$z = 6.5 \text{ mm}$	$\sigma_x = 167.97 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 5:	$y = 140.0 \text{ mm}$	$z = 263.5 \text{ mm}$	$\sigma_x = -142.11 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 6:	$y = -140.0 \text{ mm}$	$z = 263.5 \text{ mm}$	$\sigma_x = -142.11 \text{ N/mm}^2$

Die Querschnittspunkte 1 und 2 liegen auf dem Steg oben und unten, Punkte 3, 4 auf dem Obergurt, Punkte 5, 6 auf dem Untergurt. Die dort vorhandenen Spannungen werden bei der Berechnung der Profilelemente (Bleche) verwendet.

Die Aufteilung der Belastung wird am Bruttoquerschnitt vorgenommen. Zur Erläuterung geht es [hier](#).

Mit den berechneten Schnittgrößen werden nun die Verbindungsmittel an Ober-, Untergurt und Steg nachgewiesen.

ObergurtSchnittgrößen im Flansch: $N = N_{fo} = 569.06 \text{ kN}$ Lastanteile: Außenlasche $f_a = 59.1\%$, je Innenlasche $f_i = 20.5\%$

Die am Obergurt wirkende Normalkraft wird flächenanteilig auf die Laschen übertragen.

Um zu gewährleisten, dass der Flansch die lokale Belastung aufnehmen und übertragen kann, wird das Trägerblech für die maßgebende Spannung nachgewiesen.

Träger**Zug** $A_{net} \cdot 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 822.18 \text{ kN} < A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 855.40 \text{ kN}$, $A_{net} = 31.72 \text{ cm}^2$, $A = 36.40 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Lochabzug berücksichtigenmaximale Normalspannung: $\sigma_x = 167.97 \text{ N/mm}^2$ (s.o.)zulässige Normalspannung: $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$ Nachweis: $\sigma_x = 167.97 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.715 < 1$ **ok.**Steht der Flansch unter Druck oder ist bei Zug der Lochabzug zu berücksichtigen, wird die am Nettoquerschnitt ermittelte Spannung übernommen. Andernfalls erfolgt der Nachweis für die Normalspannung $\sigma_x = N/A$.

Die Berechnung der Laschen erfolgt für die anteiligen Normalkräfte.

Außenlasche**Zug**Breite des Nettoquerschnitts $b_{net} = b - \Delta b = 224.0 \text{ mm}$ mit $\Delta b = 2 \cdot n_2 \cdot d_0 = 36.0 \text{ mm}$, $d_0 = d + \Delta d$

Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

 $N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 488.80 \text{ kN}$ $N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 464.49 \text{ kN}$ Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 464.49 \text{ kN}$ Nachweis: $F_{Ed} = 569.06 \text{ kN} < F_{t,Rd} / f_a = 786.05 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.724 < 1$ **ok.**

Innenlaschen analog.

Zur näheren Erläuterung der Berechnung s. **Grundkomponente 9**.Die Belastung der Schrauben wird über die Auswertung des Punktequerschnitts ermittelt. Bei einachsiger Belastung ergeben sich hier stets nur T_y -Kräfte.**Schrauben****Punktequerschnitt**Querschnittsfläche $A' = \sum f_{t,i} = 6.00$, polares Trägheitsmoment $I_{p'} = \sum (f_{t,i} \cdot (\sum y_i^2 + \sum z_i^2)) = 528.00 \text{ cm}^2$ Schwerpunktskoordinaten $y_s' = -110.0 \text{ mm}$, $z_s' = 130.0 \text{ mm}$ Schnittgrößen im Schwerpunkt $V_y' = 569.1 \text{ kN}$, $V_z' = -0.0 \text{ kN}$, $M_x' = 0.00 \text{ kNm}$ Beanspruchung $T_{y,i} = (V_y' / A' - M_x' / I_{p'} \cdot z_i)$, $T_{z,i} = (V_z' / A' + M_x' / I_{p'} \cdot y_i)$, $T_i = (T_{y,i}^2 + T_{z,i}^2)^{1/2}$ Schraube 1 $y_1 = -50.0 \text{ mm}$ $z_1 = 50.0 \text{ mm}$ $T_{y,1} = 94.84 \text{ kN}$ $T_{z,1} = 0.00 \text{ kN}$ $T_1 = 94.84 \text{ kN}$
etc.

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

AbscherenAbschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 62.80 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.50$ Abschertragfähigkeit je Schraube (2-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 125.60 \text{ kN}$ Nachweis: $F_{Ed} = T_1 = 94.84 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 125.60 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.755 < 1$ **ok.****Lochleibung**

Schraube 1:

Flansch (2-schnittig)

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 128.96 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.86$

Außenlasche (1-schnittig)

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 51.20 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.56$

Innenlaschen (1-schnittig)

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 51.20 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.56$ Minimale Lochleibungstragfähigkeit: $\min F_{b,Rd} = 102.40 \text{ kN}$ Nachweis: $F_{Ed} = T_1 = 94.84 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 102.40 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.926 < 1$ **ok.**

etc.

Zur näheren Erläuterung der Berechnung s. für Abscheren **GK 11** und Lochleibung **GK 12**.

Da der Untergurt über Kontakt abtragen soll, wird lediglich der Trägerflansch für die am Nettoquerschnitt

berechnete Normalspannung nachgewiesen.

Untergurt

Schnittgrößen im Flansch: $N = N_{t0} = -536.28 \text{ kN}$

Druckkraftübertragung über Kontakt

Träger

Druck

maximale Normalspannung: $\sigma_x = 142.11 \text{ N/mm}^2$ (s.o.)

zulässige Normalspannung: $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_x = 142.11 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.605 < 1$ **ok.**

Während die Flansche lediglich Normalkräfte übertragen, wirken auf den Steg und die Steglaschen Normalkraft, Querkraft und Moment.

Steg

Schnittgrößen im Steg: $N = N_w = 8.79 \text{ kN}$, $M = M_{y,w} = 11.44 \text{ kNm}$, $V = V_{z,w} = 128.00 \text{ kN}$

Lastanteile: Je Lasche $f_a = 50\%$

Dementsprechend wird das Trägerelement (Steg) für Biegung mit Normal- und Querkraft nachgewiesen.

Träger

Biegung und Schub

$A_{net} \cdot 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 294.45 \text{ kN} < A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 368.48 \text{ kN}$, $A_{net} = 11.36 \text{ cm}^2$, $A = 15.68 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Lochabzug berücksichtigen

maximale Normal-, Schubspannung: $\sigma_x = 131.17 \text{ N/mm}^2$ (s.o.), $\tau = V/A_{vz} = 40.32 \text{ N/mm}^2$

zulässige Normal-, Vergleichs-, Schubspannung: $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.68 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_x = 131.17 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.558 < 1$ **ok.**

$\tau = 40.32 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.68 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\tau} = 0.297 < 1$ **ok.**

$\sigma_v = 148.60 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma v} = 0.632 < 1$ **ok.**

Gesamt: $\max U = 0.632 < 1$ **ok.**

Werden die Steglaschen auf Biegung beansprucht, sind die Laschenspannungen ggf. unter Lochabzug zu ermitteln, für die die erforderlichen Nachweise geführt werden.

Lasche

Biegung und Schub

$A_{net} \cdot 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 261.27 \text{ kN} < A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 338.40 \text{ kN}$, $A_{net} = 10.08 \text{ cm}^2$, $A = 14.40 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ Lochabzug berücksichtigen

Querschnittswerte: $A = 10.08 \text{ cm}^2$, $z_s = 90.0 \text{ mm}$, $I_y = 283.95 \text{ cm}^4$, $y_s = -4.0 \text{ mm}$, $I_z = 0.54 \text{ cm}^4$

Spannungen in den Querschnittspunkten

Pkt. 1: $y = 0.0 \text{ mm}$ $z = 0.0 \text{ mm}$ $\sigma_x = -176.99 \text{ N/mm}^2$

Pkt. 2: $y = 0.0 \text{ mm}$ $z = 180.0 \text{ mm}$ $\sigma_x = 185.70 \text{ N/mm}^2$

maximale Normal-, Schubspannung: $\sigma_x = 185.70 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 1.5 \cdot V/A = 66.67 \text{ N/mm}^2$

zulässige Normal-, Vergleichs-, Schubspannung: $\sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.68 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_x = 185.70 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma x} = 0.790 < 1$ **ok.**

$\tau = 66.67 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.68 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\tau} = 0.491 < 1$ **ok.**

$\sigma_v = 218.68 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma v} = 0.931 < 1$ **ok.**

Gesamt: $\max U = 0.931 < 1$ **ok.**

Nun werden auch hier die Nachweise für Abscheren und Lochleibung geführt.

Abscheren

Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 62.80 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.50$

Abschertragfähigkeit je Schraube (2-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 125.60 \text{ kN}$

Nachweis: $F_{Ed} = T_3 = 61.60 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 125.60 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.490 < 1$ **ok.**

Lochleibung

Schraube 1:

Steg (2-schnittig)

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 79.36 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.86$

2 Laschen (1-schnittig)

Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 51.20 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.56$

Minimale Lochleibungstragfähigkeit: $\min F_{b,Rd} = 51.20 \text{ kN}$

Nachweis: $F_{Ed} = T_1 = 60.46 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 79.36 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.762 < 1$ **ok.**

etc.

Abschließend wird die Querschnittstragfähigkeit des Trägers im Stoßbereich nachgewiesen.

Beispielhaft wird hier der elastische Nachweis aufgeführt.

Querschnittstragfähigkeit

elastischer Querschnittsnachweis für $N = 41.56 \text{ kN}$, $M_y = -154.24 \text{ kNm}$, $V_z = 128.00 \text{ kN}$

elast. Spannungen: $\max \sigma_x = 15.66 \text{ kN/cm}^2$, $\min \sigma_x = -14.81 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 6.49 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 17.89 \text{ kN/cm}^2$

$\max \sigma_x$ bei $y = 140.0 \text{ mm}$, $z = -135.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = 15.66 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 15.66 \text{ kN/cm}^2$

$\min \sigma_x$ bei $y = 140.0 \text{ mm}$, $z = 135.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = -14.81 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 14.81 \text{ kN/cm}^2$

$\max \tau$ bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = 0.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = 0.43 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 6.49 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 11.26 \text{ kN/cm}^2$

$\max \sigma_v$ bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = -128.5 \text{ mm}$: $\sigma_x = 14.93 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = 5.69 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 17.89 \text{ kN/cm}^2$

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

Nachweis: $\sigma_v = 17.89 \text{ kN/cm}^2 < \text{zul } \sigma_v = 23.50 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\sigma v} = 0.761 < 1$ **ok.**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.761 < 1$ **ok.**, σ/t -Verhältnis $U_{\sigma/t} = 0.484 < 1$ **ok.**

Nähere Informationen zur Nachweisführung finden Sie [hier](#).

Je Lastfall wird die maximale Ausnutzung protokolliert.

Maximale Ausnutzung

Maximale Ausnutzung: $\max U_{\text{rechts}} = 0.931 < 1$ **ok.**

Steg - Laschen

Lastaufteilung mittels Linienquerschnitt

Der Lastfluss erfolgt vom rechtsseitigen Träger über die Laschen in den linksseitigen Träger.

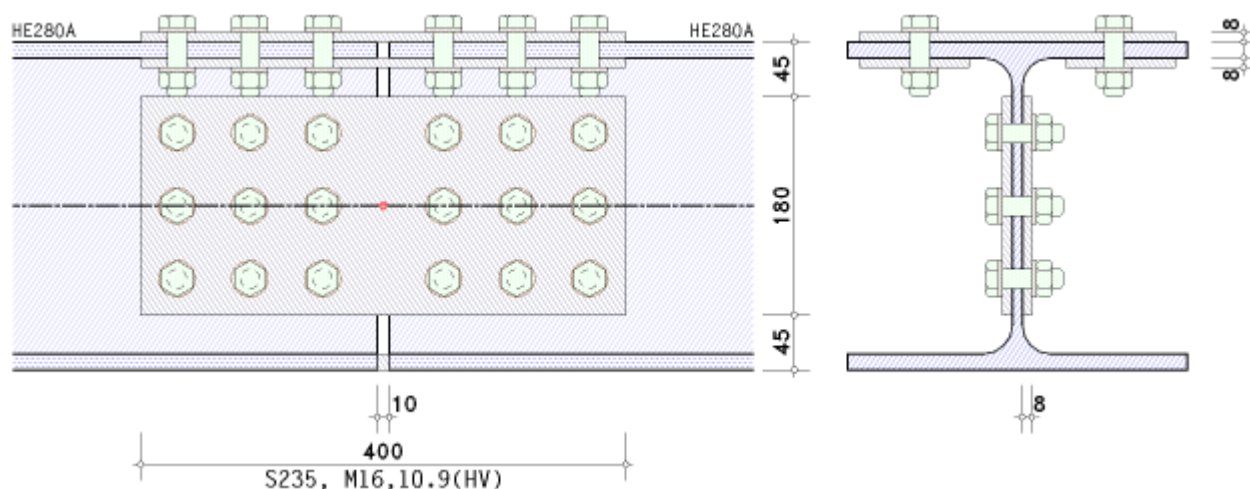
Laschen und Schrauben dienen als Übertragungselemente und müssen entsprechend ausgelegt sein.

Dazu wird der Lastanteil auf die Laschen für jeden Träger bestimmt.

Dabei sollen die Gurtlaschen nur Normalkräfte, die Steglaschen Normalkräfte, Querkkräfte und Biegemomente übernehmen.

Da die Anordnung der Laschen variabel ist, wird das Verfahren des Linienquerschnitts, das schon bei der Schweißnahtberechnung (s. z.B. Hilfedokument zu 4H-EC3SA, Schweißnahtanschluss) zum Tragen gekommen ist, auf den Laschenquerschnitt übertragen.

Grundsätzlich stehen zwei Verfahren zur Auswahl, die im Folgenden für den dargestellten Anschluss erläutert werden.



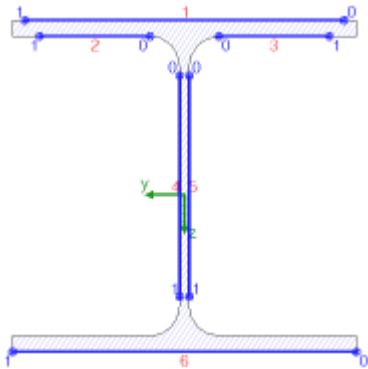
Aufteilung nach den Steifigkeiten der Laschen

Beispielhaft sind nebenstehend die Laschen, die den Linienquerschnitt bilden, dargestellt. Liniendicke und -länge entsprechen denen der Laschen.

Der Druckkontakt unten wird durch eine Linie modelliert, deren Dicke und Länge der Flanschdicke und -länge des betrachteten Profils entspricht.

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

Für jeden Punkt werden die Spannungen ermittelt.



Zur Orientierung ist das Querschnitts-Koordinatenkreuz, auf das die Schnittgrößen bezogen sind, in grün eingefügt.

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

Über eine Interaktionsbeziehung (s. [Theorie](#), mehrteilige Querschnitte) können den Einzellinien Schnittgrößen zugeordnet werden, die im Schwerpunkt der Linie wirken.

Die lokalen Normalkräfte und Biegemomente werden über diese Beziehung ermittelt.

Da die Querkraftaufteilung unabhängig von der Momenten-/Normalkraftverteilung erfolgt, sind zwei Verfahren zur Verteilung der Querkräfte auf die Linien verfügbar.

- nach der *konventionellen Methode* wird die Querkraft denjenigen Laschen zugeordnet, die in Richtung der entsprechenden Querkraftkomponente verlaufen, d.h. horizontale Laschen tragen V_y , vertikale Laschen V_z .
- alternativ wird die Querkraft in Abhängigkeit der *Steifigkeiten* auf die Laschen verteilt.

Dies entspricht der Theorie der Aussteifungssysteme, die jedoch im strengen Sinne nur gilt, wenn sich die Laschen unabhängig voneinander verformen können, und hier nicht verfolgt wird.

Damit werden die Spannungen in den maßgebenden Nachweispunkten berechnet.

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$N_{Ed} = 41.56 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = -153.60 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 128.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 100.40 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 28.80 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 108.0 \text{ cm}$
 $I_{w,y} = 13340.45 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 4420.59 \text{ cm}^4$, $\Delta z_w = -3.3 \text{ mm}$

Spannungen in den Endpunkten der Linien:

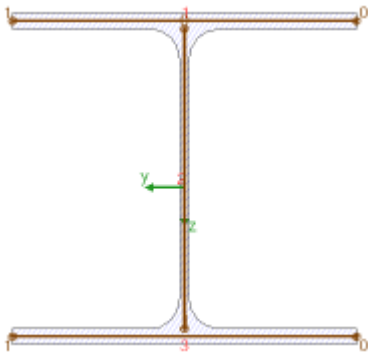
Linie 1,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 163.58 \text{ N/mm}^2$	
Linie 2,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 148.61 \text{ N/mm}^2$	
Linie 3,	Pkt. 0:	siehe Linie 2	
	Pkt. 1:	siehe Linie 2	
Linie 4,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 111.77 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 44.44 \text{ N/mm}^2$
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -95.48 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 44.44 \text{ N/mm}^2$
Linie 5,	Pkt. 0:	siehe Linie 4	
	Pkt. 1:	siehe Linie 4	
Linie 6,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -147.29 \text{ N/mm}^2$	
Extremale Spannungen $\sigma_{w,x,max} = 163.6 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{w,x,min} = -147.3 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z,max} = 44.4 \text{ N/mm}^2$			

Aufteilung nach den Steifigkeiten der Profilelemente

Bei diesem Verfahren werden Steifigkeiten der Linien nach den Steifigkeiten der Trägerflansche und des Trägerstegs gebildet.

Sind an einem Profilteil (Flansche, Steg) keine Laschen befestigt, werden diese Linien nicht modelliert.

Der Druckkontakt unten wird so behandelt als wäre eine Lasche vorhanden.



Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:
 $\Sigma A_w = 92.32 \text{ cm}^2$, $A_{w,y} = 72.80 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 19.52 \text{ cm}^2$, $\Sigma I_w = 80.4 \text{ cm}^4$
 $I_{w,y} = 12999.62 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 4757.31 \text{ cm}^4$, $\Delta y_w = 0.0 \text{ mm}$, $\Delta z_w = -6.8 \text{ mm}$

Spannungen in den Endpunkten der Linien:


Linie 1, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 156.33 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = 156.33 \text{ N/mm}^2$
Linie 2, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 148.65 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 65.57 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -139.65 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 65.57 \text{ N/mm}^2$
Linie 3, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -147.33 \text{ N/mm}^2$
Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -147.33 \text{ N/mm}^2$
Extremale Spannungen $\sigma_{w,x,\max} = 156.3 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{w,x,\min} = -147.3 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z,\max} = 65.6 \text{ N/mm}^2$

Daraus ergibt sich die Schnittgrößenverteilung für das Verfahren *Aufteilung nach den Steifigkeiten der Laschen* zu

Schnittgrößenverteilung
Obergurt: $N_{fo} = 554.25 \text{ kN}$
Steg: $N_w = 11.73 \text{ kN}$, $M_{y,w} = 4.48 \text{ kNm}$, $V_{z,w} = 128.00 \text{ kN}$
Untergurt: $N_{fu} = -536.15 \text{ kN}$

Daraus ergibt sich die Schnittgrößenverteilung für das Verfahren *Aufteilung nach den Steifigkeiten der Profilelemente* zu

Schnittgrößenverteilung
Obergurt: $N_{fo} = 569.06 \text{ kN}$
Steg: $N_w = 8.79 \text{ kN}$, $M_{y,w} = 11.44 \text{ kNm}$, $V_{z,w} = 128.00 \text{ kN}$
Untergurt: $N_{fu} = -536.28 \text{ kN}$

 **pcae** empfiehlt, die Schnittgrößenverteilung nach der Aufteilung der Belastung nach den **Steifigkeiten der Profilelemente** vorzunehmen, da i.A. die Trägerelemente für die Belastung ausgelegt sind.

Querschnittsnachweis nach EC 3

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

Nachweisverfahren *Elastisch-Elastisch*

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

elastischer Querschnittsnachweis für $N = -27.71 \text{ kN}$, $M_y = 23.75 \text{ kNm}$, $V_z = -38.05 \text{ kN}$
max σ_v bei $y = 0.0 \text{ mm}$, $z = -138.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = -2.04 \text{ kN/cm}^2$, $\tau = -1.48 \text{ kN/cm}^2$, $\sigma_v = 3.28 \text{ kN/cm}^2$
Nachweis: $\sigma_v = 3.28 \text{ kN/cm}^2 < \text{zul } \sigma_v = 23.50 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.140 < 1$ **ok.**
Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.140 < 1$ **ok.**, c/t -Verhältnis $U_{c/t} = 0.181 < 1$ **ok.**

Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch*

Beim Nachweisverfahren *Elastisch-Plastisch* (E-P) werden die Schnittgrößen (Beanspruchungen) auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt.

Anschließend wird mit Hilfe des Teilschnittgrößenverfahrens (TSV) mit Umlagerung nach *R. Kindmann, J. Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit* überprüft, ob die Schnittgrößen vom Querschnitt unter Ausnutzung der plastischen Reserven aufgenommen werden können (plastische Querschnittstragfähigkeit).

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

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

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

plastischer Querschnittsnachweis für $N = -27.71 \text{ kN}$, $M_y = 23.75 \text{ kNm}$, $V_z = -38.05 \text{ kN}$

zul. Normal-/Schubspannung: zul $\sigma_{Rd} = 23.50 \text{ kN/cm}^2$, zul $\tau_{Rd} = 13.57 \text{ kN/cm}^2$

Obergurt: Grenznormalkräfte $N_{\max,O} = 987.00 \text{ kN}$, $N_{\min,O} = -987.00 \text{ kN}$

Untergurt: Grenznormalkräfte $N_{\max,U} = 987.00 \text{ kN}$, $N_{\min,U} = -987.00 \text{ kN}$

Steg: Querkraft $V_s = -38.05 \text{ kN}$, Schubspannung $\tau_s = 1.62 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,s} = 0.120$

Grenznormalkräfte $N_{\max,s} = 547.36 \text{ kN}$, $N_{\min,s} = -547.36 \text{ kN}$

Hauptbieg.: Normalkraft $N = -27.71 \text{ kN}$, Grenznormalkräfte $N_{\max} = 2521.36 \text{ kN}$, $N_{\min} = -2521.36 \text{ kN} \Rightarrow U_N = 0.011$

Moment $M_y = 23.75 \text{ kNm}$, Grenzmomente $M_{y,\max} = 310.08 \text{ kNm}$, $M_{y,\min} = -310.08 \text{ kNm} \Rightarrow U_{M_y} = 0.077$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.120 < 1$ **ok.**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.120 < 1$ **ok.**, c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.181 < 1$ **ok.**

Die Grenzwerte grenz (c/t) werden je nach Nachweisverfahren aus DIN EN 1993-1-1, Abs. 5.5.2, Tab. 5.2, ermittelt.

Dies entspricht der Überprüfung der erforderlichen Klassifizierung des Querschnitts.

Läßt die Klassifizierung keinen plastischen Nachweis zu, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

zur Hauptseite [4H-EC3LS](#), Laschenstoß



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